

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANCÍ

Stanovení kreditního rizika portfolia obligací obchodovaných na LSE
dle metody CreditMetrics
Credit risk determination of bond portfolio traded on LSE
through CreditMetrics methodology

Student: Bc. Václav Novák
Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Ekonomická fakulta
Katedra financí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Václav Novák**

Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa

Studijní obor: 6202T010 Finance

Specializace: 00 Finance

Téma: Stanovení kreditního rizika portfolia obligací obchodovaných na LSE
dle metody CreditMetrics
Credit Risk Determination of Bond Portfolio Traded on LSE through
CreditMetrics methodology

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Charakteristika finančních rizik se zaměřením na kreditní riziko
3. Popis metodologie CreditMetrics
4. Stanovení kreditního rizika portfolia obligací pomocí metody CreditMetrics
5. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratk

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

FABOZZI, F.J., L. MARTELLINI a P. PRIAULET. *Advanced Bond Portfolio Management: Best practices in Modeling and Strategies*. Hoboken: Wiley, 2006. ISBN 978-0-471-67890-8.

GUPTON, G.M., Ch.C. FINGER a M. BHATIA. *CreditMetrics - Technical Document*. New York: J. P. Morgan & Co. Incorporated, 1997. Dostupné z: <http://www.ma.hw.ac.uk/~mcneil/F79CR/CMTD1.pdf>

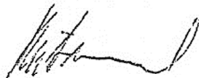
ZMEŠKAL, Zdeněk et al. *Financial models*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0754-8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal**

Datum zadání: 23.11.2012

Datum odevzdání: 26.04.2013



Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

„Prohlašuji, že jsem celou práci, včetně všech příloh, vypracoval samostatně.“

V Ostravě dne 26. dubna 2013

.....
Bc. Václav Novák

Poděkování

Touto cestou bych chtěl upřímně poděkovat prof. Dr. Ing. Zdeňku Zmeškalovi za jeho ochotný přístup, odborné vedení a věcná doporučení při zpracování diplomové práce.

Mé poděkování patří rovněž nejbližším rodinným příslušníkům a přítelkyni za jejich psychickou i materiální podporu v průběhu celého studia.

Obsah

1	Úvod	3
2	Charakteristika finančních rizik se zaměřením na kreditní riziko.....	5
2.1	Riziko.....	5
2.2	Finanční rizika	8
2.3	Kreditní (úvěrové) riziko	9
2.3.1	Charakteristika kreditního rizika	9
2.3.2	Modely kreditního rizika	11
2.3.3	Rating	15
2.3.4	Pravděpodobnost defaultu	19
2.3.5	Míra návratnosti (recovery rate).....	22
3	Popis metodologie CreditMetrics	25
3.1	Charakteristika CreditMetrics.....	25
3.2	Rozdělení hodnot pro jeden dluhopis	26
3.3	Rozdělení hodnot pro dva a více dluhopisů.....	28
3.4	Způsoby vyjádření kreditního rizika.....	29
3.4.1	Směrodatná odchylka	29
3.4.2	Percentil	31
3.5	Vstupní data modelu CreditMetrics	31
3.5.1	Odvození výnosových křivek z matice přechodu.....	32
3.5.2	Určení stupně korelace kreditních výnosů dluhopisů.....	34
3.6	Fáze propočtu kreditního rizika pro jednu obligaci	36
3.7	Prah defaultu	37
3.8	Analýza marginálního rizika.....	39
3.9	Korelace defaultu	39
3.10	Simulační přístup při stanovení kreditního rizika portfolia obligací	42
3.10.1	Simulace Monte Carlo	42

3.11	Interpretace výsledků	44
4	Stanovení kreditní rizika portfolia obligací pomocí metody CreditMetrics.....	45
4.1	Informace o emitentech vybraných dluhopisů.....	46
4.2	Základní vstupní data.....	48
4.3	Určení stupně závislosti vývoje vybraných dluhopisů	50
4.4	Pravděpodobnosti přechodu a míra návratnosti.....	51
4.5	Stanovení mezí přechodu.....	53
4.6	Odvození výnosových křivek	54
4.7	Ocenění dluhopisů	56
4.8	Simulace hodnoty dluhopisů a stanovení kreditního rizika	57
4.8.1	Simulace korelovaných výnosů a rozdělení hodnot portfolia	57
4.8.2	Stanovení kreditního rizika.....	59
4.9	Srovnání sestavených portfolií.....	67
4.10	Nastavení limitů	68
4.11	Shrnutí.....	69
5	Závěr.....	71
	Seznam použité literatury	73
	Seznam zkratk.....	77
	Prohlášení o využití výsledků diplomové práce	79
	Seznam obrázků.....	80
	Seznam tabulek.....	81
	Seznam příloh	82

1 Úvod

Ani po pěti letech nedošlo v mnoha zemích světa k návratu do předkrizového stavu. Splasknutí hypoteční bubliny mělo dalekosáhlé následky a celková výše nákladů vynaložených za účelem zmírnění projevů hospodářské a finanční krize ještě stále není konečná. Celá řada evropských zemí je dodnes existenčně závislá na pomoci nadnárodních a mezinárodních uskupení, která do nich alokují peníze daňových poplatníků členských států. Efektivita této bailoutové strategie je však přinejmenším sporná, což dokazuje neustále se zhoršující stav zemí označovaných jako PIGS i jiných. Jedním z dalších projevů je zhoršující se situace mnoha ekonomických subjektů, které se často dostávají do platební neschopnosti, a přestávají proto hradit své závazky. To bezpochyby vede ke zvýšení všeobecné nedůvěry a větší obezřetnosti při výběru obchodních partnerů. Naplno se totiž projevilo jedno z nejvýznamnějších rizik, kterým je riziko kreditní. Jeho neustále se zvyšující míra může být hlavní brzdou opětovného ekonomického rozvoje, a právě proto je jeho charakteristika a následná kvantifikace ústředním tématem této diplomové práce.

Cílem práce je stanovení kreditního rizika portfolia obligací obchodovaných na LSE pomocí metodologie CreditMetrics pro časové období jednoho roku.

Celá práce je rozdělena do tří hlavních částí. V první části je vymezen pojem riziko, dále jsou zde popsána jednotlivá finanční rizika, přičemž největší část kapitoly je věnována charakteristice kreditního rizika. Ta obsahuje jeho vysvětlení, modely měření a následně nástroje a veličiny potřebné pro jeho kvantifikaci, jako jsou rating, pravděpodobnost defaultu a míra návratnosti.

Obsahem druhé části je popis metodologie CreditMetrics. Uvedena je proto nejen její základní charakteristika, ale i další informace potřebné pro stanovení kreditního rizika, jako jsou rozdělení hodnot dluhopisu, způsoby vyjádření kreditního rizika, potřebná vstupní data, fáze kalkulace kreditního rizika, prahy defaultu, marginální riziko a korelace defaultu. V závěru druhé části je podrobněji popsán simulační přístup a možnosti interpretace výsledků.

Ve třetí, praktické, části je kvantifikováno kreditní riziko, a to pro dvě portfolia sestavená z deseti obligací obchodovaných na LSE. Časovým obdobím je jeden rok, přičemž za počátek tohoto období je považován den 21. 9. 2012. Obsahem třetí části jsou vedle základních informací o dluhopisech a jejich emitentech i údaje potřebné pro kvantifikaci kreditního rizika. Těmi stěžejními jsou týdenní akciové výnosy emitentů za poslední dva

roky, jež jsou základem pro určení kovarianční a korelační matice, a matice přechodu společnosti Standard & Poor's, která podává informace o pravděpodobnostech defaultu a přechodu mezi ratingovými kategoriemi a navíc slouží pro odvození spotových a následně forwardových výnosových křivek potřebných pro ocenění dluhopisů. Kreditní riziko je kvantifikováno pomocí směrodatné odchylky a kvantilů. Slovní komentář výsledků je doplněn o grafickou prezentaci, která odhaluje rozdíly v rizikovosti dluhopisů vyplývající z odlišné struktury sestavených portfolií. V závěru třetí části jsou shrnuty dosažené výsledky. Smyslem aplikační části je stanovení kreditního rizika jednotlivých obligací a porovnání rizikovosti těchto obligací v případě dvou odlišným způsobem sestavených portfolií.

2 Charakteristika finančních rizik se zaměřením na kreditní riziko

V této kapitole je charakterizován pojem riziko tak, jak jej vymezuje odborná literatura. Podrobněji je popsáno riziko finanční, které se člení na několik dílčích částí, z nichž tu nejdůležitější představuje riziko kreditní. Jeho vymezení, specifikům a dalším souvisejícím tématům je věnována převážná část. Celá kapitola vychází především z této literatury: Jílek (2000), Polouček (2006), Gronychová (2008), Baykal (2010) a Zmeškal (2004).

2.1 Riziko

Podle Smejkal a Rais (2009) vznikl pojem riziko údajně v 17. století, a to v souvislosti s námořní dopravou. Původem italský výraz *risico* označoval nesnáze, kterým museli mořeplavci čelit. Vnímáno bylo proto spíše jako odvaha něčemu novému a neznámému se vystavit. Až teprve pozdější interpretace dala pojmu riziko i jiný význam.

Dnes je riziko vnímáno v mnohem širším smyslu, o čemž svědčí celá řada publikací, které se jím zabývají. Výsledkem je značné množství definic, které se ve vymezení pojmu mohou docela výrazně odlišovat.

Smejkal a Rais (2009) uvádějí celkem 11 možných definic rizika, které jsou následující:

- „Pravděpodobnost či možnost vzniku ztráty, obecně nezdaru.
- Variabilita možných výsledků nebo nejistota jejich dosažení.
- Odchýlení skutečných a očekávaných výsledků.
- Pravděpodobnost jakéhokoliv výsledku, odlišného od výsledku očekávaného.
- Situace, kdy kvantitativní rozsah určitého jevu podléhá jistému rozdělení pravděpodobnosti.
- Nebezpečí negativní odchylky od cíle (tzv. čisté riziko).
- Nebezpečí chybného rozhodnutí.
- Možnost vzniku ztráty nebo zisku (tzv. spekulativní riziko).
- Neurčitost spojená s vývojem hodnoty aktiva (tzv. investiční riziko).
- Střední hodnota ztrátové funkce.
- Možnost, že specifická hrozba využije specifickou zranitelnost systému.“

Z uvedených definicí vyplývá, že rizikem je rozuměna odchylka, a to jak pozitivní, tak i negativní, od nějakého očekávaného stavu. K jeho kvantifikaci bývá často využíván statistický aparát, především pravděpodobnost a její rozdělení. V ekonomické realitě není problémem pozitivní odchylka od určitého očekávání, ta je naopak velice žádoucí. Značnou komplikací je však odchylka negativní, která může být hlavní příčinou nadměrných ztrát. Pouze s negativními riziky pracují například pojišťovny a nazývají je čistými riziky. I ve sféře financí je hlavním problémem negativní část rizika. Jeho identifikace, kvantifikace a následné zmírnění či úplné odstranění jsou proto každodenní úlohou mnoha ekonomických subjektů. Celá řada podniků má proto často ve své organizační struktuře začleněna oddělení, která se na identifikaci a řízení rizik zaměřují.

V souvislosti s rizikem se někdy uvádí pojem nejistota. Hlavním rozdílem mezi těmito pojmy je, že zatímco riziko lze jistými způsoby měřit, nejistota představuje nevědomí o možných budoucích stavech, z čehož vyplývá obtížnost jejího zkoumání. Pro analýzu jsou využívány tzv. fuzzy modely, které umožňují s nejistými stavy pracovat.

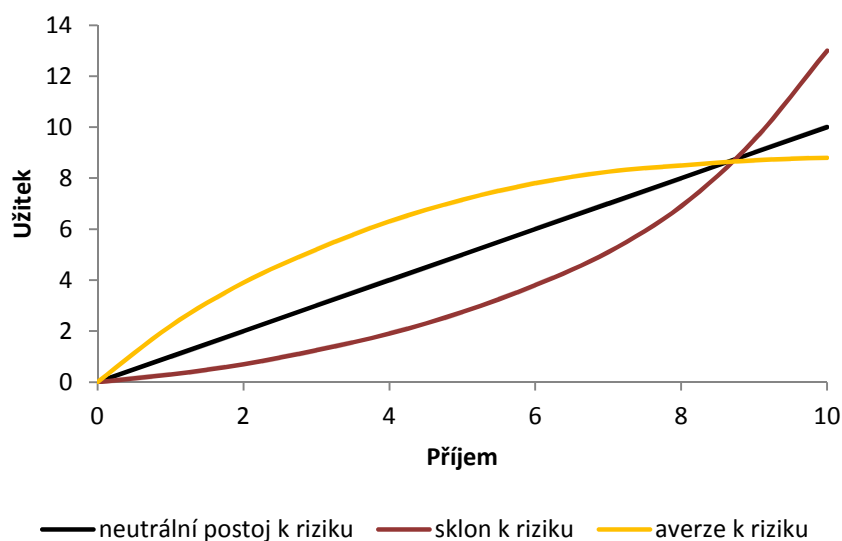
I když je negativní odchylka obecně nežádoucím jevem, lze subjekty členit dle jejich vztahu k riziku na:

- rizikově averzní,
- rizikově neutrální,
- se sklonem k riziku.

Rizikově averzní subjekty většinou usilují o co největší minimalizaci rizika, naopak subjekty se sklonem k riziku (risk lovers) jej mohou přímo vyhledávat. Každý ekonomický subjekt je specifické individuum, a hlavní vliv proto mají jeho osobní preference, které se mohou značně odlišovat. Grafickým vyjádřením těchto preferencí jsou indifferenční křivky, které jsou zakresleny v Obr. 2.1.

Tvar indifferenčních křivek je možné demonstrovat na příkladu subjektu vyhledávajícího riziko, jehož užitek za jistoty (daný funkční hodnotou červené křivky pro konkrétní příjem) je nižší než alternativa spravedlivé sázky. Opačný je potom případ rizikově averzního subjektu, který upřednostňuje jistotu (funkční hodnota žlutooranžové křivky) před spravedlivou sázkou.

Obr. 2.1 Indiferenční křivky při různých postojích k riziku



Zdroj: vlastní zpracování

Velice důležitým procesem je **analýza rizika**, která zahrnuje několik dílčích kroků, jež by měly být dodrženy. Dle Smejkal a Rais (2011) se jedná o:

- identifikaci aktiv,
- stanovení hodnoty aktiv,
- identifikaci hrozeb a slabin,
- stanovení závažnosti hrozeb a míry ohroženosti.

Stanovení předmětu analýzy rizika, tedy konkrétních aktiv, u nichž je riziko měřeno, je nezbytným prvním krokem. Následuje zjištění hodnoty, jež se může vlivem rizikových faktorů změnit a logickým pokračováním analýzy rizika je potom určení konkrétních rizikových faktorů a následná kvantifikace pravděpodobnosti a míry jejich dopadu.

Management rizik je vzhledem k možným dopadům jejich podcenění nezbytnou součástí existence každé ekonomické jednotky. V případě organizací má dle Tichý (2006) systematické řízení rizik vliv na jejich hodnotu ve 2 rovinách, kde do primární patří např. zkvalitnění strategických rozhodnutí, schopnost efektivní reakce na katastrofy, zlepšení alokace kapitálu či zvýšení ratingu, zatímco do sekundární lze zařadit omezení ztrát, snížení nákladů na pojištění nebo hedging a zvýšení tržního podílu.

Rizika lze členit z několika hledisek. Dle závislosti na činnosti podniku na ovlivnitelná a neovlivnitelná, dle závislosti na ekonomickém vývoji na systematická a nesystematická

(jedinečná, idiosynkratická), podle druhu činnosti podniku lze rozlišovat riziko provozní, tržní, inovační, investiční, finanční či celkové podnikatelské. Uvedený výčet rozhodně není kompletní, avšak pro účely této práce je dostačující. Obsahuje totiž riziko finanční, které je podrobněji charakterizováno v následující kapitole.

2.2 Finanční rizika

Jílek (2000) člení finanční rizika na úvěrové, tržní, likvidní, operační a obchodní riziko. Každá z těchto skupin je ve zkráceném rozsahu popsána níže, přičemž riziko kreditní je popsáno jako poslední v pořadí a je mu věnován celý zbytek kapitoly.

Riziko tržní je definováno jako riziko ztráty vyplývající ze změn tržních cen a je členěno na několik podskupin, mezi které patří riziko úrokové, akciové, komoditní, měnové, korelační a riziko úvěrového rozpětí. První čtyři z uvedených podskupin je možné definovat velice podobně, a to jako riziko ztráty, která je zapříčiněna cenovou změnou nástrojů citlivých na úrokové míry, ceny akcií, ceny komodit či měnové kurzy. Korelačním rizikem je rozuměno riziko ztráty způsobené změnou historické korelace mezi rizikovými kategoriemi, nástroji, produkty, měnami a trhy. Riziko úvěrového rozpětí je potom možné popsat jako takové riziko, kdy dojde ke změně rozpětí u cenných papírů odlišné kvality.

Riziko likvidity je pojímáno jako riziko ztráty, která je zapříčiněna platební neschopností podniku (riziko financování), nebo jako riziko tržní likvidity, které spočívá v nemožnosti podniku dostatečně rychle zpeněžit finanční nástroje, a tím získat likvidní peněžní prostředky.

Operační riziko má tři podskupiny, a to riziko transakční, riziko operačního řízení a riziko systémů. V případě transakčního rizika je hlavním nebezpečím samotné provádění finančních operací (např. špatné zaúčtování). Riziko operačního řízení --je spojeno se selháním lidského faktoru (praní peněz, neautorizované příkazy apod.), riziko systémů je potom způsobeno chybami v systémech podpory (počítačové programy, přenos dat).

Do **obchodního rizika** patří opět několik podskupin, jejichž charakteristika je zřejmá již ze samotných názvů. Jedná se o právní riziko, riziko změny úvěrového hodnocení, reputační riziko, daňové riziko, riziko měnové konvertibility, riziko pohromy a v neposlední řadě regulační riziko. Předvídání výskytu těchto rizik je do značné míry omezené, neboť například regulace je plně v kompetenci dohledového orgánu, o jehož záměrech a budoucích opatřeních nemusejí mít ekonomické jednotky dostatečné informace.

2.3 Kreditní (úvěrové) riziko

V této kapitole je popsáno kreditní riziko tak, jak jej vnímá odborná veřejnost. Součástí kapitoly je rovněž popis nástrojů a faktorů, které s kreditním rizikem velice úzce souvisejí a jsou často využívány pro jeho kvantifikaci v nejrůznějších modelech.

2.3.1 Charakteristika kreditního rizika

Kreditní riziko je v současné době považováno za jedno z nejvýznamnějších rizik, a právě proto je na jeho analýzu zaměřena značná pozornost. Stejně tak je stanovení kreditního rizika vybraných aktiv hlavním cílem této práce, proto je mu věnován celý zbytek první části diplomové práce.

Vzhledem k nehmotnému charakteru rizik obecně je pro jejich zkoumání a řízení nezbytné správné a přesné vymezení. Dle Polouček (2006) lze definovat kreditní riziko jako riziko, že protistrana nebude schopna či ochotna splatit svůj dluh vůči věřiteli. Takovýmto dlužníkem může být fyzická osoba, firma, město či jakákoliv vláda. Nejčastěji jsou úvěrovému riziku vystaveny banky, jejichž pasiva jsou z převážné části tvořena cizími zdroji. Kreditnímu riziku jsou však vystaveny i mnohé další subjekty, jako například investoři, vlády, obce a v konečném důsledku kdokoliv, kdo zapůjčil své finanční zdroje jinému ekonomickému subjektu.

Hlavní aktivitou bankovních domů je úvěrování, což je příčinou velikosti poměru ztrát vyplývajících z úvěrové činnosti a činnosti investiční. Jílek (2000) uvádí, že zatímco v obchodní činnosti dosáhly české banky v 90. letech ztráty několika desítek miliard českých korun, v oblasti úvěrové činnosti dosahovaly tyto ztráty stovek miliard českých korun.

Špatná situace bankovního sektoru se může velmi rychle promítnout do celé ekonomiky. Důkazem necht' je i nedávno příchodí a stále se projevující ekonomická krize, jejíž původ lze rovněž nalézt v bankovním sektoru. Dle Jílek (2000) se v období bankovní krize člení problémy na likvidní a solventní. První ze zmiňovaných značí nedostatek volných finančních zdrojů, přičemž hodnota banky zůstává kladná. Horší situaci představují solventní problémy, při kterých je hodnota banky záporná. Odborná literatura se shoduje na doporučení zachraňovat pouze banky s likvidními problémy. Skutečnost však, a opět je toho příkladem nedávná minulost, vypadá tak, že zachraňovány jsou i banky se solventními problémy, čímž dochází k nepříznivým projevům morálního hazardu. Hlavní příčinou špatného stavu jednotlivých bank i celých bankovních soustav přitom nebylo nic jiného než realizace kreditního rizika. Na vině však není pouze existence tohoto rizika, svou roli samozřejmě hraje

nedostatečná kontrola ze strany příslušného úřadu (FED, SEC), nesprávná aplikace modelů měření rizik či nedostatečnost těchto modelů, makro i mikroekonomické podmínky, selhání osobního faktoru atd.

Kreditní riziko obsahuje 4 podskupiny, kterými jsou:

- přímé úvěrové riziko (direct credit risk),
- riziko úvěrové angažovanosti (large credit exposure risk),
- riziko úvěrových ekvivalentů (credit equivalent exposure),
- vypořádací riziko (settlement risk),

Přímé úvěrové riziko je nejvýznamnější a historicky nejstarší složkou kreditního rizika. Představuje hrozbu, že rozvahové položky ve formě úvěrů, vkladů, dluhopisů, směnek apod. nebudou splaceny v plné výši, nebo nebudou splaceny vůbec. Velikost tohoto rizika je přímo úměrná době splatnosti dlužného instrumentu a nepřímo úměrná bonitě dlužníka. V souvislosti s tímto rizikem se rovněž zmiňuje tzv. vládní riziko (sovereign risk) představující riziko nezaplacení u jednotlivých zahraničních vlád či agentur vládami podporovaných.

Rizikem úvěrových ekvivalentů se rozumí riziko ztráty vyplývající ze selhání klientů u podrozvahových položek. Takovými položkami se rozumí poskytnuté záruky, deriváty, dokumentární akreditivy apod. Důležité je tyto položky průběžně oceňovat tržními cenami, aby nedocházelo například k takovým situacím, kdy majetek sloužící jako zajištění nedosahuje hodnoty závazku, který by měl v případě problémů se splácením dlužníka pokrýt.

Riziko úvěrové angažovanosti souvisí s výší poskytovaných úvěrů. Nadměrná expozice vůči jednomu dlužníkovi může vést v případě zhoršení jeho ekonomické situace ke značným problémům věřitele. Z tohoto důvodu vydává centrální banka pro všechny komerční banky závazná pravidla úvěrové angažovanosti, která stanovují maximální limity expozice. Své interní limity si potom nastavují i samy komerční banky.

Vypořádací riziko je riziko, že nedojde k vypořádání transakce, nebo dojde pouze k jejímu částečnému vypořádání. Prakticky to znamená, že prodejce například zašle cenné papíry uvedené v kontraktu, ale platba, jež by měl kupující provést, není realizována v důsledku jeho selhání. Takovéto riziko roste přímo úměrně s délkou období mezi uzavřením kontraktu a jeho vypořádáním. K častější realizaci tohoto rizika docházelo v minulosti především v rámci obchodů na mezinárodní úrovni, kde hrají svou úlohu různá časová pásma.

Kreditní riziko má svá specifika. Oproti tržnímu riziku, které pracuje s velice krátkým časovým intervalem (den), je v případě kreditního rizika využíván mnohem delší časový interval, nejčastěji rok, přičemž hlavní příčinou je především dostupnost potřebných dat. Další odlišností je velikost možného zisku či ztráty. V případě akcií lze dosáhnout prakticky neomezeného zisku, zatímco v případě dluhopisů a jiných úvěrových instrumentů je maximální výše zisku omezená a většinou předem daná. Rozdíly existují i v typu rozdělení, jež zachycuje pravděpodobnosti výnosů a ztrát. Pro tržní rizika je typické normální rozdělení, popisu instrumentů dluhového charakteru však mnohem více odpovídá jiný typ rozdělení, který je popsán a znázorněn v kapitole 3.1.

Sofistikovaní věřitelé jsou schopni posoudit kreditní riziko ekonomických jednotek, které nejsou na trhu nové, nebo se kterými již delší dobu kontrakty uzavírají. Problémem je určení rizika u nových či neznámých subjektů, což se přirozeně projevuje v ceně produktů a služeb nabízených těmito subjekty. Jako měřítko bonity jednotlivých dlužníků a obchodních partnerů je možné využít rating, který může věřitel přijmout od nějaké specializované agentury (externí rating) či si jej stanovit sám (interní rating). Podrobněji je rating popsán v kapitole 2.3.3. Po dlužnících s horším ohodnocením je zpravidla požadováno větší zajištění předmětu smlouvy, jsou na ně kladeny větší informační požadavky a v neposlední řadě je mnohem důkladněji zkoumáno jejich hospodaření v minulosti.

2.3.2 Modely kreditního rizika

K určení kreditního rizika je využíváno několik modelů. Dle Baykal (2010), která shrnula ve své práci vývoj kreditních modelů od sedmdesátých let předchozího století do současnosti, je možné tyto modely rozčlenit na dvě základní skupiny a několik podskupin. Struktura těchto modelů vypadá následovně:

- oceňovací kreditní modely,
 - prvogenerační strukturální modely,
 - druhogenerační strukturální modely,
 - redukované modely,
- value at risk (VaR) kreditní modely,
 - marking-to-market (MTM) modely,
 - defaultové modely (DM).

2.3.2.1 Oceňovací kreditní modely

Prvogenerační strukturální modely vycházejí z práce Roberta Mertona, který navázal na Black-Scholesův model oceňování opcí a zjistil, že nebezpečí defaultu společnosti je závislé na vztahu mezi tržní hodnotou společnosti a výší jejích závazků. Došel k závěru, že společnost defaultuje ve chvíli, kdy tržní hodnota celé společnosti je menší než hodnota závazků. Merton (1974) také uvádí tři faktory ovlivňující emisi korporátních dluhopisů. Těmito faktory jsou míra návratnosti bezrizikových dluhových instrumentů (vládní dluhopisy či dluhopisy prestižních společností), emisní podmínky (datum splatnosti, výše kupónové sazby, seniorita apod.) a pravděpodobnost, že společnost nebude schopna pokrýt část nebo všechny své závazky, která se také označuje jako pravděpodobnost defaultu (PD). Do okamžiku publikace Mertonova modelu, jak autor sám uvádí, nebyla rozvinuta teorie zabývající se oceňováním dluhopisů na bázi právě posledního z výše uvedených faktorů, tedy pravděpodobnosti defaultu. Při praktické aplikaci se však Mertonův model potýkal s problémy, neboť některé z jeho předpokladů nebylo možné sloučit s reálnou tržní situací (plochá výnosová křivka, default pouze v období splatnosti).

Reakcí na tyto nedostatky bylo vytvoření **druhogeneračních strukturálních modelů**, které připouštějí default v jakémkoliv časovém okamžiku mezi datem emise a datem vypořádání dluhového instrumentu. Tyto modely navíc specifikují stochastický proces, dle kterého se vyvíjejí krátkodobé úrokové sazby. Kim, Ramaswamy a Sundaresan (1993) uvádějí tento náhodný proces:

$$dr = \kappa \cdot (\mu - r) \cdot dt + \sigma \cdot \sqrt{r} \cdot dZ, \quad (2.1)$$

kde μ je průměrná dlouhodobá úroková sazba, κ je rychlost návratu, r je krátkodobá úroková sazba, σ je směrodatná odchylka a Z je Wienerův proces.

Ani druhogenerační strukturální modely však nejsou dokonalé. Problémem je v jejich případě především stanovení tržní hodnoty společnosti (nedostupnost potřebných dat) a absence vlivu změny ratingového stupně.

Posledními z oceňovacích kreditních modelů jsou **redukované modely**, které odstraňují nedostatky modelů předcházejících. V jejich případě již například nedochází ke stanovení kreditního rizika pouze na základě znalosti tržní hodnoty společnosti a defaultní událost se může objevit kdykoliv, kdy dojde k neočekávané změně exogenních náhodných veličin. Autoři Jarrow, Lando a Turnbull (1997) jako první přicházejí s modelem, který

pracuje s ratingovým ohodnocením jednotlivých společností. Tento přístup umožňuje stanovit maximální a očekávanou expozici vůči nějakému subjektu. Je také přínosný v tom, že jej lze aplikovat na oceňování kreditních derivátů, jejichž výplaty se přímo odvíjejí od přiděleného ratingového stupně.

2.3.2.2 Value at risk (VaR) kreditní modely

Prvním zástupcem skupiny VaR kreditních modelů jsou **Marking-to-market modely**, které pracují s širším spektrem možností než defaultové modely. V jejich případě je využito ratingové ohodnocení, pomocí kterého je možné vyjádřit nejen míru pravděpodobnosti úpadku společnosti, ale rovněž pravděpodobnost změny ratingové kategorie. Do této skupiny modelů se řadí CreditMetrics.

Gronychová (2008) uvádí, že **defaultové modely** berou v úvahu pouze dva možné stavy, a to default, nebo udržení firmy na trhu, které je v anglické literatuře uváděno pod pojmem survival (přežití). Vzhledem k existenci pouze dvou možných událostí dochází v případě DM ke ztrátě vyplývající z kreditního rizika pouze v tom případě, kdy společnost defaultuje. Do této skupiny modelů se řadí Credit Risk +, KMV model a CreditPortfolio View, přičemž poslední dva uvedené modely mohou být rozšířeny na Marking-to-market modely.

CreditMetrics je model, který prezentovala finanční skupina J. P. Morgan v roce 1997. Tento model je postaven na analýze úvěrové kvality dlužníka, která je vyjádřena změnami ratingového stupně. Model pracuje s předpokladem, že dvě firmy se stejným ratingovým ohodnocením mají stejnou pravděpodobnost přechodu do jiné ratingové kategorie nebo defaultu. Tato pravděpodobnost je potom stanovena na základě historických údajů. Výsledkem modelu je zjištění pravděpodobnostního rozdělení hodnoty společnosti. Modelu CreditMetrics je věnována celá třetí kapitola diplomové práce.

Credit Risk + pracuje pouze se dvěma stavy, čímž se řadí do defaultních modelů. Pravděpodobnost defaultu je podle tohoto modelu malá a nezávislá na historickém vývoji. Pro modelování je na základě uvedených vlastností využíváno Poissonovo rozdělení pravděpodobnosti. Crouhy, Galai a Mark (2000) uvádějí rovnici pro stanovení pravděpodobnosti defaultu na určitém časovém horizontu, která vypadá následovně:

$$P(n \text{ defaults}) = \frac{\mu^n \cdot e^{-\mu}}{n!}, \quad (2.2)$$

kde μ je průměrný počet defaultů za rok a zároveň platí, že:

$$\mu = \sum_A P_A, \quad (2.3)$$

kde P_A je pravděpodobnost defaultu dlužníka A.

Model KMV pracuje ve srovnání s modelem CreditMetrics s trochu odlišnými předpoklady. Základem modelu je skutečnost, že pravděpodobnosti stanovené na základě analýzy historických údajů se liší od dat získaných simulací Monte Carlo. Pro tento účel je v modelu sestavena pro každou společnost zvlášť pravděpodobnost defaultu (EDF – expected default frequency) vycházející z kapitálové struktury, hodnoty aktiv a její volatility. Stanovení pravděpodobnosti defaultu je rozděleno do tří fází. V první fázi se stanoví hodnota společnosti s využitím geometrického Brownova pohybu. V druhé fázi je zapotřebí stanovit vzdálenost k selhání (defaultu). *„Ta odpovídá počtu směrodatných odchylek mezi střední hodnotou aktiv a prahovou hodnotou defaultu, kde tato prahová hodnota je definována jako součet krátkodobých dluhových závazků a poloviny dlouhodobých závazků na daném rizikovém horizontu.“*¹ Ve třetí fázi je potom odvozena EDF. Nejnižší hodnota EDF odpovídá nejvyššímu ratingovému stupni a s jejím nárůstem dochází k postupnému přesouvání společnosti do horších ratingových kategorií.

Posledním z uvedených modelů je **CreditPortfolio View**, který vyvinula konzultační společnost McKinsey. Tento model bere dle Crouhy, Galai a Mark (2000) v úvahu defaultové stavy i možné přechody v rámci ratingových kategorií. Model je postaven na vlivu makroekonomických faktorů (nezaměstnanost, tempo růstu HDP, úrokové sazby) na vybraného dlužníka. Umožňuje simulovat pravděpodobnost defaultu a pravděpodobnost přechodu v rámci ratingových stupňů, a to jak pro jednotlivé země, tak i pro jednotlivá odvětví. Výše zmínění autoři rovněž uvádějí obecný vztah pro výpočet podmíněné pravděpodobnosti defaultu, který vypadá následovně:

$$P_{j,t} = \frac{1}{1 + e^{-Y_{j,t}}}, \quad (2.4)$$

kde $P_{j,t}$ je podmíněná pravděpodobnost defaultu dlužníka v zemi (odvětví) j v časovém horizontu t , $Y_{j,t}$ je makroekonomický index j -té země (odvětví) odpovídající funkci:

¹The distance-to-default is the number of standard deviations between the mean of the asset value and the default point where the default point is defined as the sum of the short-term debt liabilities and half of the long-term liabilities to be met over the risk horizon. (Baykal 2010, s. 21)

$$Y_{j,t} = \theta_{j,0} + \theta_{j,1} \cdot X_{j,1,t} + \theta_{j,2} \cdot X_{j,2,t} + \dots + \theta_{j,m} \cdot X_{j,m,t} + v_{j,t}, \quad (2.5)$$

kde $\beta_j = (\beta_{j,0}, \beta_{j,1}, \beta_{j,2} \dots \beta_{j,m})$ jsou koeficienty, které je třeba odhadnout, $X_{j,t} = (X_{j,0,t}, X_{j,1,t}, X_{j,2,t} \dots X_{j,m,t})$ jsou hodnoty makroekonomických proměnných a $v_{j,t}$ je chyba modelu, která by měla splňovat požadavek nezávislosti na hodnotách makroekonomických proměnných a požadavek normality rozdělení.

2.3.3 Rating

Jelikož model CreditMetrics, stejně jako další z modelů uvedených v předcházející kapitole, pracuje s ratingovým ohodnocením, je zapotřebí tento pojem blíže specifikovat. Rating je definován jako analýza veškerých známých rizik hodnoceného subjektu s cílem zjistit jeho současnou i budoucí schopnost splácet své závazky. Je možné jej rovněž vnímat jako pravděpodobnost, s jakou konkrétní subjekt uhradí svůj dluh. Ratingové ohodnocení může být přiděleno celé řadě subjektů (podniky, státy, municipality), ale i jednotlivým dluhovým instrumentům či samotným emisím. Rating je možné členit z hlediska jeho tvůrce na interní a externí.

Interní rating si stanovuje hodnotící společnost sama. Nejčastěji je interní rating využíván v oblasti bankovníctví, kde jednotlivé bankovní instituce potřebují stanovit kritéria pro rozhodování v oblasti úvěrové činnosti. Úvěrové hodnocení klientů sestává ze tří oblastí, mezi které patří finanční rating, analýza měkkých dat a behaviorální rating.²

Finanční rating tvoří asi 40 % celkového hodnocení. Jeho hlavní úlohou je zhodnotit podnik na základě poměrových a rozdílových ukazatelů finančního zdraví, mezi které patří např. rentabilita aktiv a vlastního kapitálu, finanční páka či jednotlivé doby obratu. Samotné instituce dále mohou vytvářet celou řadu ukazatelů, jež se od těch tradičních odlišují, a které lépe popisují oblasti hospodaření, jejichž posouzení je pro adekvátní analýzu úvěrové způsobilosti klienta nezbytné. Výsledky daného subjektu je následně možné hodnotit pomocí zařazení do kategorií sestavených na základě historických dat či obecně doporučených hodnot.

Měkkými daty se rozumí informace, které nelze dohledat ve finančních výkazech. Patří zde kvalita managementu, taktického i strategického plánování, úroveň používaných

² Tímto způsobem probíhá stanovení interního ratingu v případě banky Unicredit, a to pro segment úvěrování podniků. Ostatní banky nemusí využívat totožný model, proces jejich hodnocení by však obsahově měl pokrývat stejné oblasti.

technologií, charakter trhu, tržní podíl daného subjektu apod. Tato oblast se na celkovém hodnocení podílí asi 30 %.

Jako behaviorální rating jsou označovány charakteristiky podniku, které o daném subjektu zjišťuje banka analýzou pohybu peněžních prostředků na účtu klienta. Tímto způsobem je schopna vysledovat, jakým objemem financí klient disponuje, zdali hradí své závazky včas či jaká je frekvence prováděných plateb. Souhrn těchto informací představuje rovněž asi 30 % celkového ratingu.

Při **externím ratingu** jsou pro stanovení kvality dlužníků využívány specializované instituce (ratingové agentury). Jejich vznik byl reakcí na rostoucí požadavky investorů, kteří potřebovali mnohem více informací o rizicích spojených s investicemi do nejrozličnějších aktiv. Agentury je možné členit na kooperující a nekooperující. Kooperujícími agenturami se rozumí takové, které při sestavování ratingu spolupracují s hodnoceným subjektem. Iniciátorem procesu hodnocení je v tomto případě samotný subjekt, který například potřebuje získat rating kvůli plánované emisi dluhopisů. Výhodou tohoto typu hodnocení je přístup ratingové agentury k detailnějším informacím, nevýhodou potom především to, že se jedná o službu placenou zákazníkem, a výsledný rating proto nemusí být zcela objektivní. Nekooperující agentury s hodnoceným subjektem nespolupracují, z čehož vyplývá negativum v podobě menšího rozsahu dostupných informací a pozitivum v podobě větší objektivnosti. Takové ratingy jsou stanovovány z vlastní iniciativy jednotlivých agentur (např. rating zemí) nebo na základě žádosti jiného než hodnoceného subjektu. Mezi nejznámější ratingové agentury se řadí Moody's, Fitch IBCA a Standard & Poor's. Vedle těchto tří největších společností existují ještě specializované agentury, které stanovují rating pro konkrétní segmenty. Jedná se například o A. M. Best, což je firma stanovující rating pro pojišťovny, Morningstar, která uděluje rating fondům a Thomson BankWatch, jež se, jak již vyplývá z názvu této společnosti, zaměřuje na hodnocení bankovních institucí.

Zakladatelem společnosti **Moody's**, jak je uvedeno na jejích webových stránkách, je John Moody (1868-1958), který jako první začal v roce 1909 hodnotit veřejně obchodované cenné papíry. Svou společnost založil již v roce 1900, kdy také vydal spis poskytující informace a statistická data o akcích, dluhopisech, vládních agenturách a nejrozličnějších obchodních jednotkách. Tento spis byl vyprodán již po dvou měsících, což jen dokazuje tehdejší nedostatek ucelených tržních informací, po kterých byla značná poptávka. V roce 1907 přišla krize, která se na společnosti Moody's projevila negativně především v oblasti

kapitálu, který byl nedostatečný, a firma proto musela odejít z trhu. V roce 1909 se však navrátila, a to s novou myšlenkou. Společnost Johna Moodyho se již nadále neměla zaměřovat pouze na sběr informací, ale navíc i na analýzu hodnoty cenných papírů, především v oblasti železniční dopravy. Pro tento účel převzala systém hodnocení založený na přidělování písmen, která vyjadřovala různou úroveň kvality cenných papírů (stejný systém přetrval až dodnes). V roce 1913 byly vedle železničních podniků hodnoceny navíc i průmyslové společnosti, o rok později došlo k rozšíření o dluhopisy municipalit. V roce 1924 pokrýval Moody's téměř 100 % amerického dluhopisového trhu. Ve své činnosti pokračovala firma i v průběhu Velké hospodářské deprese, kdy došlo k situaci velice podobné té nedávné. I v případě agenturou vysoce hodnocených dluhopisů totiž nedocházelo k úhradám dlužných částek. V 70. letech došlo k rozšíření ratingové činnosti i na trh komerčních papírů a bankovních depozit a až do dnešní doby dochází k neustálému vývoji postupů a metod úvěrového hodnocení dlužníků.

Fitch IBCA je další z významných ratingových agentur. Podle informací uvedených na firemních webových stránkách, došlo k jejímu založení v roce 1913 Johnem Knowlesem Fitchem a původně se jednalo o vydavatelství, jehož hlavní činností byla publikace statistik ve sféře financí. Centrum společnosti bylo situováno v New Yorku. V dnešní době již existuje i druhé centrum, které se nachází v Londýně. Fitch IBCA v roce 1924 přišla na trh jako první s dodnes známou a používanou stupnicí počínající písmeny AAA (nejlepší ratingový stupeň) a končící písmenem D (nejhorší ratingový stupeň – default). Společnost je také, stejně jako Moody's a Standard & Poor's, označena jako NRSRO, což je zkratka pro Nationally Recognized Statistical Rating Organization, tedy národní organizaci přidělující rating, a to na základě schválení americkou SEC (Securities and Exchange Commission). Všechny společnosti označované zkratkou NRSRO mají za úkol především přidělovat rating, přičemž základními kategoriemi jsou investiční stupeň (vyšší rating než BB) a spekulativní stupeň (rating BB a nižší). V současné době působí Fitch IBCA ve více než 50 zemích a výsledky její činnosti lze pravidelně sledovat ve více i méně odborných informačních zdrojích.

Začátky společnosti **Standard & Poor's** jsou podle informací uvedených na firemním webovém sídle spojeny se jménem Henryho Varnuma Poora (1812 – 1905). Ten se zabýval, stejně jako tomu bylo v případě společnosti Moody's, analýzou sektoru železniční dopravy, který byl na území spojených států v 19. století naprosto dominantní. První společnost založil se svým synem Henrym Williamem Poorem. Vedle jeho společnosti existovala současně firma Standard Statistics, která publikovala finanční informace o akcích a dluhopisech. Její

majitel Roy W. Porter začal v roce 1914 postupně nakupovat některá práva společnosti Poor's Publishing, což vyústilo ve fúzi obou podniků v roce 1941. Středem zájmu bylo v tomto období opětovně především hodnocení municipálních dluhopisů. V roce 1950 vznikl jeden z nejvýznamnějších světových indexů S&P 500. V následujících letech začala společnost hodnotit i mnohé další nově vznikající finanční instrumenty, expandovala do Evropy a neustále rozšiřovala počet zaměstnanců. Nedílnou součástí vývoje společnosti bylo a stále je intenzivnější využívání informačních technologií, které v současné době umožňují získat prakticky všechny potřebné informace prostřednictvím vzdáleného přístupu.

Všechny tři uvedené společnosti využívají pro ratingové ohodnocení písmena abecedy, která vyjadřují různou kvalitu dlužníka. Strukturu tohoto hodnocení zachycuje následující tabulka.

Tab. 2.1 Ratingové stupně

Fitch	S&P	Moody's	Popis ratingového stupně (dle Moody's)	
AAA	AAA	Aaa	Investiční stupeň	Minimální kreditní riziko
AA+	AA+	Aa1		Velmi nízké kreditní riziko
AA	AA	Aa2		
AA-	AA-	Aa3		
A+	A+	A1		Nízké kreditní riziko
A	A	A2		
A-	A-	A3		
BBB+	BBB+	Baa1		Mírné kreditní riziko
BBB	BBB	Baa2		
BBB-	BBB-	Baa3		
BB+	BB+	Ba1	Speculativní stupeň	Významné kreditní riziko
BB	BB	Ba2		
BB-	BB-	Ba3		
B+	B+	B1		Vysoké kreditní riziko
B	B	B2		
B-	B-	B3		
CCC+	CCC+	Caa1		Velmi vysoké kreditní riziko
CCC	CCC	Caa2		
CCC-	CCC-	Caa3		
CC	CC	Ca		V selhání či blízko selhání, ale s možností splacení
C	C			
DDD	SD	C		V selhání, s nízkou šancí na splacení
DD	D			
D				

Zdroj: www.cnb.cz

Z Tab. 2.1 je patrné, že společnosti Fitch IBCA a Standard & Poor's používají shodné značení, což ulehčuje orientaci ve výsledcích publikovaných těmito institucemi. Značení agentury Moody's je však velice podobné, proto ani s interpretací jejích výsledků by neměl

vyvstat vážnější problém. Ve skutečnosti často platí, že rating jedné firmy (dluhopisu, emise) není v rámci hodnocení různými ratingovými agenturami významně odlišný. Mohou však nastat i výjimky, protože každá z nich využívá svou vlastní metodologii. Podstatné je rozlišení na investiční a spekulativní stupeň. Některé instituce totiž mají povolení investovat pouze do aktiv zařazených do investičního stupně. Jedná se například o penzijní společnosti, které spravují finanční aktiva značné části občanů, a musí proto při své investiční činnosti respektovat regulátorem daná pravidla (likvidita, rentabilita, bezpečnost apod.).

2.3.4 Pravděpodobnost defaultu

S kreditním rizikem je pro jeho charakter úzce spojen pojem default. Právě úpadek dlužníka bývá jednou z velmi častých příčin platební neschopnosti, ze které následně vyplývají ztráty věřitelům. Podle Bessis (2004) však zhoršení schopnosti úhrady závazků není spojeno jen s defaultovým stavem. I pouhé zvýšení pravděpodobnosti defaultu může být příčinou zhoršené solventnosti dlužníka, neboť je s ní spojen obtížnější přístup k potřebným zdrojům financování (věřitelé požadují vyšší úrokové sazby za zapůjčení finančních prostředků).

Pravděpodobnost, s jakou dojde k defaultu, je možné stanovit na základě několika přístupů. Jedním z nich je aplikace **scoringových modelů**, jejichž podstatou je využití nejrůznějších ukazatelů zachycujících stav hodnoceného subjektu. Na základě historické zkušenosti je poté zjištěno, jaké pravděpodobnosti selhání lze očekávat při určitých výsledných hodnotách.

Další možností určení pravděpodobnosti defaultu je analýza **úvěrových spreadů**. Obecně platí, že vyšší míra rizika se odráží v rostoucích úrokových sazbách. Na základě porovnání bezrizikové a rizikové sazby je proto možné stanovit pravděpodobnost defaultu, a to následovně:

$$PD = 1 - e^{-d}, \quad (2.6)$$

kde d je rozdíl mezi rizikovou a bezrizikovou sazbou (spread).

Pravděpodobnost defaultu lze rovněž stanovit přístupem, který je postaven na analýze **cen akcií**. Tento vychází z Mertonovy práce a lze jej vyjádřit jako:

$$PD = \Pr(V < F), \quad (2.7)$$

kde V je tržní hodnota společnosti a F je hodnota závazků.

Poslední možností je využití **ratingu**, což je způsob, který je aplikován i v případě modelu CreditMetrics. Na základě znalosti významu jednotlivých ratingových kategorií je možné vysvětlit nástroj hojně používaný nejen výše uvedenými ratingovými společnostmi, ale i celou řadou dalších subjektů. Jedná se o matice přechodu (transition matrices). Rozumí se jimi matice, které zachycují pravděpodobnost, s jakou se konkrétně hodnocený subjekt ocitne v určité ratingové kategorii. Tyto matice jsou sestaveny na základě dlouholetého pozorování širokého spektra podniků. Je logické, že u společností s vysokým ratingem lze očekávat mnohem nižší pravděpodobnost defaultu než u podniků s horším ratingovým ohodnocením. Tab. 2.2 zachycuje matici přechodu sestávající pouze ze čtyř ratingových kategorií.

Tab. 2.2 Matice přechodu

	A	B	C	D
A	90,20	8,71	1,09	0,00
B	1,72	88,33	7,23	2,72
C	0,00	4,13	75,56	20,31
D	0,00	0,00	0,00	100,00

Zdroj: vlastní zpracování

Písmena v prvním sloupci matice vyjadřují výchozí rating hodnoceného subjektu, písmena v prvním řádku potom rating stejného subjektu po uplynutí jednoho roku. Ve zbylé části matice se nacházejí čísla vyjadřující pravděpodobnost, s jakou se daný subjekt bude vyskytovat v konkrétní ratingové kategorii. Platí, že nejvíce pravděpodobná je taková situace, ve které si daný subjekt udrží stávající ratingovou kategorii. Tuto skutečnost je možné pozorovat na hodnotách na diagonální ose, které jsou nejvyšší. Pro každou matici přechodu by mělo platit, že součet pravděpodobností v každém řádku je roven 100 %. Často lze také vysledovat, že čím větší je vzdálenost ratingových stupňů, tím menší je pravděpodobnost přechodu mezi těmito stupni. I když bývají matice sestaveny na základě velkého objemu reálných dat, nemusí se v nich vždy naplno projevit zákon velkých čísel, a může se stát, že matice není monotónní. To například znamená, že se může vyskytnout případ, ve kterém je subjektu s horším ratingem přiřazena nižší pravděpodobnost defaultu než subjektu s vyšším ratingem. Dalším projevem nemonotónnosti je větší pravděpodobnost přechodu v rámci více hodnotově vzdálených ratingových kategorií. Existence takto „nedokonalých“ matic však nijak výrazně nesnižuje jejich vypovídací schopnost, pro aplikaci modelu CreditMetrics jsou potom naprosto dostačující.

Velice významný je poslední sloupec matice přechodu. Ten obsahuje hodnoty vyjadřující pravděpodobnost, s jakou dojde k defaultu. U subjektu (instrumentu) s nejvyšším ratingovým ohodnocením by měla být tato pravděpodobnost nejnižší a se zhoršujícím se ratingem by měla postupně narůstat. Nachází-li se subjekt na počátku období v posledním řádku, jinými slovy, je-li v defaultu, pak je nemožné, aby u něj došlo k přesunu do některé z vyšších ratingových kategorií. To je naprosto patrné i z hodnot obsažených v Tab. 2.2, kde se v posledním řádku nacházejí až na poslední číslo samé nuly.

O matici přechodu platí, že je stacionární. Tento fakt značně usnadňuje kalkulaci pravděpodobností přechodu a defaultu pro období delší než jeden rok. Pravděpodobnost defaultu za více let se stanoví z hodnot matice odpovídající součinu příslušného počtu matic, neboli:

$$PD_t = X^t, \quad (2.8)$$

kde X je matice přechodu a t je délka období v letech.

Mezi ekonomy vyvstala otázka, jak správně měřit pravděpodobnost defaultu. Problematika se týká především okamžiku, ke kterému má dojít k ocenění aktiva, na jehož základě je možné stanovit požadovanou míru návratnosti. Eberhart a Sweeney (1992) za správný okamžik považují jeden měsíc od vyhlášení defaultu.

Dle autorů metodologie CreditMetrics lze na základě údajů, jež získala ratingová agentura Standard & Poor's, vysledovat určitý dlouhodobý stabilní stav, ke kterému mají ratingy jednotlivých společností tendenci směřovat. Následující tabulka zachycuje procentní zastoupení ratingů vybraného počtu společností a odhaluje tím, jaké je jejich nejpravděpodobnější rozdělení. Společnosti, jež se ocitly v defaultu, do této statistiky nejsou započítány.

Tab. 2.3 Rozdělení ratingových ohodnocení společností

S&P 1996	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC
Počet	85	200	487	275	231	87	13
Podíl	6,2 %	14,5 %	35,3 %	20,0 %	16,8 %	6,3 %	0,9 %

Zdroj: Standard & Poor's CreditWeek

Pro účely diplomové práce jsou v třetí kapitole využita data, jež každoročně publikuje ratingová agentura Standard & Poor's. Ta sestavuje popsané matice přechodu v mnohem podrobnějším členění a rozlišuje je i v rámci různých odvětví či území. Každoročně také

dochází k jejich aktualizaci o nová data, čímž se může stát, že se časem naplno projeví zmiňovaný zákon velkých čísel.

2.3.5 Míra návratnosti (recovery rate)

Jestliže se dlužník ocitne v situaci, ve které již nadále není schopen splácet své závazky, pak je vysoce pravděpodobné, že pohledávky jeho věřitelů nebudou uhrazeny v plné výši. Ta část, kterou věřitelé ze svých pohledávek získají nazpět, je označována jako míra návratnosti, anglicky recovery rate (RR). Podle Felsenheimer, Gisdakis and Zaiser (2006) je modelování míry návratnosti mnohem složitější než modelování pravděpodobnosti defaultu. Jako jeden z důvodů uvádějí klauzule zahrnuté v téměř každém kontraktu, kdy default jednoho instrumentu je příčinou defaultu všech ostatních dluhových instrumentů ve firmě. Pravděpodobnost defaultu je podle nich proto tzv. company-specific, zatímco míra návratnosti je závislá na podřízenosti jednotlivých závazků, a je tedy pojímána jako instrument-specific.

Podřízenost dluhových nástrojů je vyjadřována jejich senioritou, která v podstatě stanovuje pořadí, ve kterém jsou postupně uhrazovány závazky. Nejčastějšími stupni seniority jsou dle Felsenheimer, Gisdakis and Zaiser (2006) senior secured, senior unsecured, senior subordinated, subordinated a junior subordinated. Junior subordinated závazky jsou vyplaceny jako poslední v pořadí, a proto je v jejich případě očekávaná míra návratnosti nejnižší. Podle uvedených autorů je dlouhodobý průměr míry návratnosti těchto závazků nižší než 30 %, zatímco například u senior unsecured je to 45 %. Není to však pouze seniorita, co ovlivňuje výši RR. Značný vliv má celková výše pohledávky (vyšší RR u méně objemných pohledávek), doba, po kterou dochází k úhradě (vyšší RR při delší době úhrady), regionální faktor (např. vyšší RR v USA než v Evropě) či legislativní rámec. K významně odlišným hodnotám v míře návratnosti dochází i tehdy, není-li dodrženo tzv. strict priority rule. Toto pravidlo říká, že ke splnění závazků vůči věřitelům, kteří mají v držení dluhové instrumenty s nižším stupněm seniority, dojde pouze v případě, kdy byly plně uhrazeny závazky vůči věřitelům vlastním dluhové instrumenty s vyšší senioritou a zároveň nebyly plně vyčerpány finanční prostředky. Postupná úhrada závazků založená na jejich senioritě je také známa jako zásada vodopádu (waterfall principle).

Míra návratnosti není deterministická. I v případě defaultu velice podobných firem (hodnota aktiv, odvětví, počet zaměstnanců, regionální působení, produkty apod.) lze vysledovat lišící se hodnoty míry návratnosti, což je dáno unikátností každé společnosti (dluhopisu). Na základě analýz bylo zjištěno, že vývoj hodnot RR nejlépe zachycuje beta

rozdělení ($X \sim \text{Beta}(\alpha, \beta)$), které nabývá hodnot od nuly do jedné, což jsou také hodnoty, kterých může nabývat míra návratnosti (0 % až 100 %). Beta rozdělení je charakteristické dvěma parametry (α a β), jež dosahují hodnot větších než nula. Střední hodnotu a rozptyl beta rozdělení lze stanovit následovně:

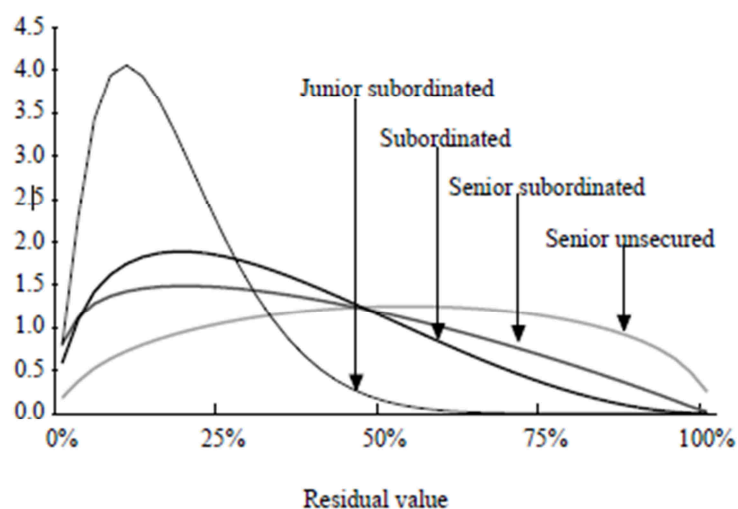
$$E(X) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}, \quad (2.9)$$

$$\text{var}(X) = \frac{\alpha \cdot \beta}{(\alpha + \beta)^2 \cdot (\alpha + \beta + 1)}, \quad (2.10)$$

kde X je náhodná veličina z beta rozdělení.

Hodnoty míry návratnosti popsané beta rozdělením se v případě různých úrovní seniority odlišují. Na Obr. 2.2 jsou zachyceny možné podoby beta rozdělení jednotlivých skupin tak, jak je uvádějí autoři metodologie CreditMetrics.

Obr. 2.2 Beta rozdělení pro různé třídy seniority



Zdroj: CreditMetrics – technical document

Podle Felsenheimer, Gisdakis and Zaiser (2006) je prokázáno, že mezi mírou návratnosti a pravděpodobností defaultu existuje negativní korelace, tedy že větší pravděpodobnost defaultu je spojena s nižší mírou návratnosti a vice versa. Existenci této korelace je možné vysvětlit dvěma způsoby. Tím prvním je vysvětlení opřené o závislost obou veličin na ekonomickém vývoji (nízká PD a vysoká RR v konjunkturálních obdobích), tím druhým potom argumentace založená na existenci nabídky a poptávky, která říká, že

velké množství defaultů je spojeno se zvýšenou emisí dluhových instrumentů (snaha získat dodatečné zdroje financování), což má za následek pokles ceny všech dluhových instrumentů, a tím pádem i pokles výše RR .

Míra návratnosti slouží ke kalkulaci ztráty vyplývající z defaultu. Pro tento účel se využívá ukazatel LGD (loss given default), který vyjadřuje, jaká část nominální hodnoty věřitelovy pohledávky je nenávratně ztracena. LGD je možné vypočítat těmito dvěma způsoby:

$$LGD = 1 - RR, \quad (2.11)$$

$$LGD = 1 - \frac{V^{default}}{V^{no\ default}}, \quad (2.12)$$

kde $V^{default}$ je hodnota dluhového instrumentu v případě selhání a $V^{no\ default}$ je hodnota dluhového instrumentu při přežití.

Vynásobením hodnoty LGD číslem 100 je zjištěna procentní ztráta vyplývající z defaultu dlužníka.

3 Popis metodologie CreditMetrics

V této kapitole je popsána metodologie CreditMetrics, která je následně aplikována v kapitole čtvrté. Převážná část kapitoly vychází z technického dokumentu CreditMetrics, dalšími zdroji jsou Zmeškal (2004) a Resti (1999).

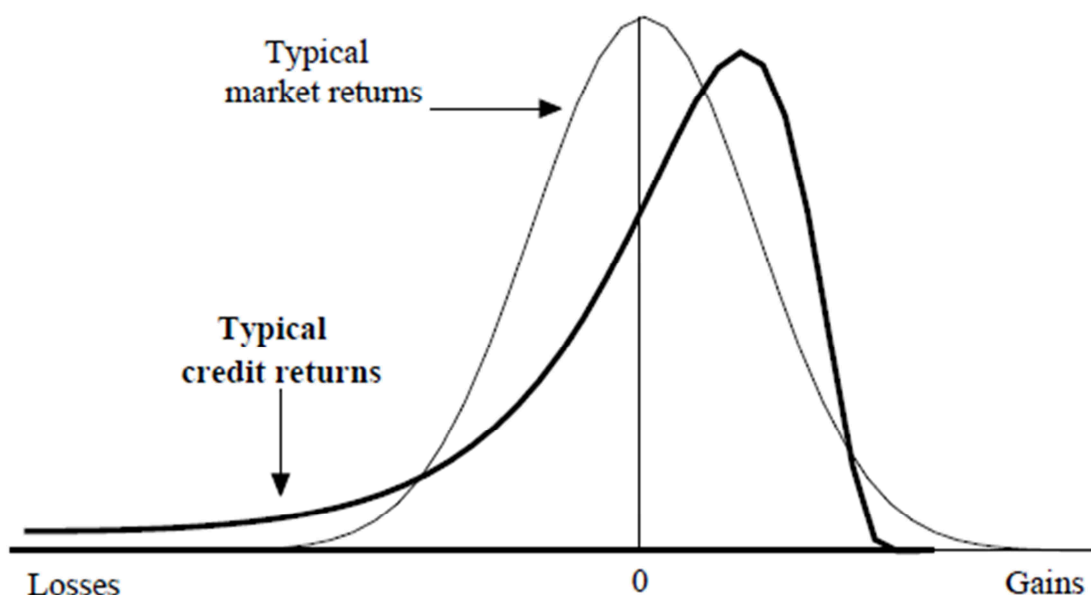
3.1 Charakteristika CreditMetrics

CreditMetrics je metodologie určená k měření kreditního rizika. Jak je uvedeno v kapitole 2.3.2, jedná se o value at risk (VaR) model, za jehož vznikem stojí finanční skupina J. P. Morgan, která jej publikovala v roce 1997. I přes značný časový odstup je i v dnešní době tato metodologie hojně využívána, a to především bankovními institucemi, jejichž kreditní expozice jsou v poměru k celkovým aktivům obrovské. Oproti modelu RiskMetrics, který vydala rovněž společnost J. P. Morgan a jehož cílem je nalezení odpovídající distribuční funkce výnosů denně aktualizovaných tržních dat, je CreditMetrics více zaměřen na hledání modelu, který popisuje a vysvětluje změny ve kvalitě úvěrových instrumentů.

Základním nástrojem modelu je migrační analýza, pro jejíž účely jsou využívány matice přechodu. Existence těchto matic umožňuje posoudit nejen pravděpodobnost defaultu, ale rovněž zlepšení či zhoršení úvěrové kvality dlužníka na určitém časovém horizontu. Modelem je možné posoudit tyto charakteristiky pro případ jednotlivého instrumentu či dlužníka, ale také i pro celá portfolia. Z tohoto důvodu lze nejen hodnotit celkové složení portfolia, ale rovněž analyzovat vliv dílčích složek na jeho celkové riziko, v takovém případě se jedná o marginální riziko. Stanovení kreditního rizika s využitím metodologie CreditMetrics spočívá v určení očekávané budoucí hodnoty portfolia. Ta se mění právě v závislosti na migraci jednotlivých instrumentů či dlužníků v rámci všech ratingových kategorií (včetně defaultu).

Před samotným měřením kreditního rizika je zapotřebí si uvědomit jeho odlišnosti od tržního rizika. Tržní riziko je možné měřit pomocí výnosů vlastního kapitálu, které mají normální rozdělení pravděpodobnosti nebo rozdělení, která se tomuto velice blíží. Pro vyjádření míry rizika proto naprosto dostačují základní statistické veličiny, jakými jsou střední hodnota a směrodatná odchylka. Oproti tomu kreditní výnosy mají rozdělení pravděpodobnosti charakteristické vysokou šikmostí a těžkými konci, z čehož vyplývá, že pro vyjádření rizika nejsou zmíněné veličiny dostačující a je zapotřebí je doplnit o takové, které lépe zachycují uvedená specifika. Následující obrázek zachycuje tvary křivek rozdělení pro tržní a kreditní výnosy.

Obr. 3.1 Porovnání rozdělení tržních a kreditních výnosů



Zdroj: CreditMetrics – technical document

Pro kreditní výnosy je typická omezená výše výnosů, která nastává s poměrně vysokou pravděpodobností. Na druhé straně však v jejich případě může docházet i k velkým ztrátám vyplývajícím z defaultu dlužníka, což je znázorněno právě těžkými konci na Obr. 3.1. Další odlišností je zachycení korelace mezi jednotlivými aktivy či dlužníky. Zatímco u tržního rizika není nejmenší problém vysledovat vzájemnou závislost jednotlivých akcií, v případě kreditní kvality a defaultu to již kvůli nízké frekvenci zveřejňování relevantních dat problém je.

3.2 Rozdělení hodnot pro jeden dluhopis

Na počátku popisu celé metodologie CreditMetrics je zapotřebí přiblížit ocenění samostatného dluhopisu. To se provádí na základě diskontování očekávaných budoucích peněžních toků plynoucích z vlastnictví dluhopisu (kupónové platby a nominální hodnota dluhopisu). Vztah pro stanovení ceny dluhopisu proto vypadá následovně:

$$V_B = \frac{C}{(1+r)} + \frac{C}{(1+r)^2} + \frac{C}{(1+r)^3} + \dots + \frac{C}{(1+r)^T} + \frac{FV}{(1+r)^T}, \quad (3.1)$$

kde C je kupónová platba, r je výnosová míra dluhopisu, T je doba splatnosti a FV je nominální hodnota dluhopisu.

Takto je možné stanovit hodnotu dluhopisu v případě předpokladu ploché výnosové křivky. Ve chvíli, kdy dochází ke změnám výnosové míry r , je zapotřebí poupravit i výpočet, a to následujícím způsobem:

$$V_B = \frac{C}{(1+r_1)} + \frac{C}{(1+r_1) \cdot (1+r_2)} + \frac{C}{(1+r_1) \cdot (1+r_2) \cdot (1+r_3)} + \dots + \frac{C}{(1+r_1) \cdot (1+r_2) \cdot (1+r_3) \cdot \dots \cdot (1+r_T)} + \frac{FV}{(1+r_1) \cdot (1+r_2) \cdot (1+r_3) \cdot \dots \cdot (1+r_T)}. \quad (3.2)$$

Na základě znalosti pravděpodobností přechodu do jiné ratingové kategorie je možné stanovit hodnotu dluhopisu pro každou z těchto ratingových kategorií. Pro výpočet je však zapotřebí v případě metodologie CreditMetrics využít forwardové výnosové křivky. I ty se liší v rámci jednotlivých ratingových kategorií, což je logické, neboť forwardovou výnosovou křivku lze odvodit ze spotové, a to podle Zmeškal (2004) následovně:

$$f_t = \left[\frac{(1+r_t)^t}{(1+r_{t-dt})^{t-dt}} \right]^{\frac{1}{dt}} - 1. \quad (3.3)$$

Pro případ, kdy je počítána forwardová výnosová křivka na jedno období dopředu, odpovídá dt hodnotě 1, a proto:

$$f_t = \frac{(1+r_t)^t}{(1+r_{t-1})^{t-1}} - 1. \quad (3.4)$$

Pro účel znázornění možného rozdělení hodnot jsou v Tab. 3.1 zachyceny hodnoty pětiletého dluhopisu o nominální hodnotě 100 peněžních jednotek, kupónové sazbě 6 % a jehož výchozí rating je BBB. Z tabulky je patrné, že se zhoršujícím se ratingem dochází k poklesu ceny dluhopisu, což je dáno zvyšující se hodnotou forwardových výnosových křivek, ve kterých se odráží zvyšující se míra rizika. Speciálním případem je default, kdy nejsou vyplaceny ani jednotlivé kupónové platby, ani nominální hodnota dluhopisu. Hodnota 51,13 odpovídá míře návratnosti ve výši 51,13 %.

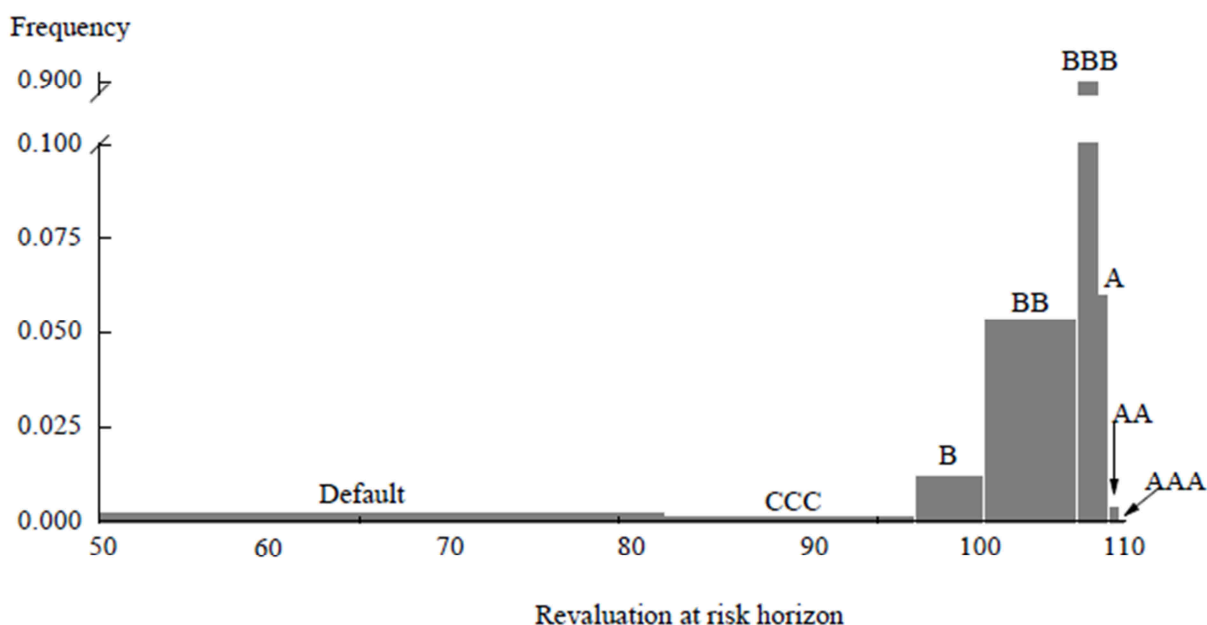
Tab. 3.1 Hodnota dluhopisu na konci prvního roku

Rating	Coupon	Forward Value	Total Value	Probability (%)
AAA	6,00	103,37	109,3	0,02
AA	6,00	103,10	109,19	0,33
A	6,00	102,66	108,66	5,95
BBB	6,00	101,55	107,55	86,93
BB	6,00	96,02	102,02	5,30
B	6,00	92,10	98,10	1,17
CCC	6,00	77,64	83,64	0,12
Default	-	51,13	51,13	0,18

Zdroj: CreditMetrics – technical document

Znalost hodnot a pravděpodobností pro jednotlivé ratingové kategorie umožňuje sestavit rozdělení pravděpodobnosti uvedeného dluhopisu. To je vyobrazeno v podobě histogramu na následujícím obrázku.

Obr. 3.2 Rozdělení hodnot pětiletého dluhopisu



Zdroj: CreditMetrics – technical document

3.3 Rozdělení hodnot pro dva a více dluhopisů

V případě dvou dluhopisů je situace velice podobná té předchozí. Rozdílem je především ten fakt, že najednou mohou nabýt jedné z osmi očekávaných hodnot (8 ratingových kategorií) obě aktiva. Výsledkem je celkem 64 možných hodnot, kterým je zapotřebí přiřadit pravděpodobnost jejich výskytu. Například v případě nulové korelace obou aktiv je výsledná pravděpodobnost rovna součinu pravděpodobností obou aktiv. V reálné

ekonomice však mezi aktivy určitý stupeň korelace existuje, protože je ovlivňuje přinejmenším stejný vývoj na globálním finančním trhu.

Postupovat obdobným způsobem pro zvyšující se počet aktiv není příliš vhodné, protože exponenciálně roste množství konečných hodnot, kdy například pro 8 aktiv, jež mohou nabýt jedné z osmi ratingových kategorií, je to celkem 16 777 216 různých kombinací. Z tohoto důvodu je využíván simulační přístup, který umožňuje měřit kreditní riziko i velice obsáhlých portfolií. Pro účely této práce je využita simulace Monte Carlo, jejíž popis je obsahem kapitoly 3.10.1.

3.4 Způsoby vyjádření kreditního rizika

Kreditní riziko je možné vyjádřit dvěma základními veličinami. Jednou z nich je směrodatná odchylka, druhou percentil. Pro komplexní hodnocení rizika je vhodné využít obě tyto veličiny, neboť každá z nich má odlišnou vypovídací schopnost.

3.4.1 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka je hojně využívána v celé řadě vědních disciplín. Jelikož se jedná o konkrétní hodnotu, jež je přesnou kvantifikací míry rizika, je možné ji využít i pro srovnání rizikovosti celé řady finančních instrumentů.

Před stanovením směrodatné odchylky je zapotřebí uvést rovnice sloužící k výpočtu základních veličin, kterými jsou výnos, střední hodnota a rozptyl. Diskrétní výnos aktiv v jednotlivých obdobích je stanoven podle následujícího vztahu:

$$R_{it} = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (3.5)$$

kde P_t je kurz (cena) v daném období a P_{t-1} vyjadřuje kurz v období předchozím.

Očekávaný výnos aktiva i odpovídá rovnici:

$$E(R_i) = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T R_{it}, \quad (3.6)$$

kde T je počet sledovaných období.

Očekávaný výnos portfolia je váženým průměrem očekávaných výnosů jednotlivých aktiv, tedy:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^N E(R_i) \cdot x_i = \vec{x}^T \cdot E(\vec{R}), \quad (3.7)$$

kde x_i je váha (podíl) daného aktiva v portfoliu, N je celkový počet aktiv v portfoliu, \vec{x}^T je transponovaný vektor proměnných a $E(\vec{R})$ je vektor očekávaných výnosů aktiv.

Rozptyl výnosů daného aktiva odpovídá průměru součtu druhých mocnin odchylek od očekávaného výnosu daného aktiva, což je možné vyjádřit následujícím vztahem:

$$\text{var}(R_i) = \sigma_i^2 = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T [R_{it} - E(R_i)]^2. \quad (3.8)$$

Rozptyl výnosů portfolia zachycuje následující rovnice:

$$\text{var}(R_p) = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j = \vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}, \quad (3.9)$$

kde x_j je podíl j -tého aktiva v portfoliu, \vec{x} je vektor proměnných, C je kovarianční matice a σ_{ij} je kovariance výnosů i -tého a j -tého aktiva, která odpovídá rovnici:

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T [R_{it} - E(R_i)] \cdot [R_{jt} - E(R_j)]. \quad (3.10)$$

Normovanou kovariancí je korelace, která nabývá hodnot od -1 (dokonalá negativní závislost) do 1 (dokonalá pozitivní závislost) a vypočte se jako:

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}. \quad (3.11)$$

Kovarianci jednotlivých dvojic aktiv je možné vyjádřit pomocí kovarianční tabulky, kde prvky na horizontální i vertikální ose představují jednotlivá aktiva. Hodnoty kovariance na diagonální ose potom odpovídají rozptylům těchto aktiv. Obdobným způsobem jako kovarianci lze vyjádřit i korelaci.

Na základě všech výše uvedených rovnic je možné stanovit směrodatnou odchylku, která odpovídá druhé odmocnině rozptylu, tedy:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_i^2} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T [R_{it} - E(R_i)]^2}, \quad (3.12)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j}, \quad (3.13)$$

kde σ_i je směrodatná odchylka výnosů i -tého aktiva a σ_p je směrodatná odchylka portfolia.

Využití směrodatné odchylky k interpretaci kreditního rizika má své limity. Není u něj totiž možné, tak jako v případě tržního rizika s normálně rozdělenými výnosy, dohledat tabulkové hodnoty. Autoři metodologie CreditMetrics například uvádějí, že 99,75 % hodnot nalevo od střední hodnoty je ohraničeno směrodatnou odchylkou ve výši 7,90, zatímco v případě normálního rozdělení je to 2,81. Dalším problémem je symetričnost směrodatné odchylky, která sama o sobě nedokáže zachytit fakt, že potenciální růst hodnoty je v případě dluhových instrumentů několikanásobně menší než její pokles.

3.4.2 Percentil

Percentil je konkrétnější označení pro kvantil, kterým se rozumí hodnota, jež dělí celý statistický soubor na více částí. Označení percentil je využíváno v situaci, kdy je celý soubor potřebné rozdělit postupně po 1 %. Například pátý percentil je taková hodnota, pro kterou platí, že pravděpodobnost nabytí hodnoty menší než tento percentil je 5 %.

Neexistence normálního rozdělení u kreditních výnosů znemožňuje pro výpočet percentilů využít střední hodnotu a směrodatnou odchylku. Nutností je znát celé rozdělení hodnot, což vede v případě početnějších portfolií k využití simulačního přístupu. Získáním dat prostřednictvím simulace Monte Carlo a jejich následným seřazením od nejnižší hodnoty po hodnotu nejvyšší, je možné požadovaný percentil získat velice jednoduše. Například desátým percentilem by v případě tisíce simulovaných hodnot byla stá hodnota ve vzestupném uspořádání.

3.5 Vstupní data modelu CreditMetrics

Pro využití metody CreditMetrics je zapotřebí shromáždit potřebné informace. Jedná se především o pravděpodobnosti přechodu mezi ratingovými kategoriemi a pravděpodobnosti defaultu jak v případě jednotlivého finančního instrumentu (dlužníka), tak i v případě skupiny finančních instrumentů (dlužníků). Nutností je i určení hodnoty jednotlivých obligací.

Znalost pravděpodobnosti změny ratingové kategorie v případě jednoho dluhopisu zajišťuje matice přechodu, která je popsána v kapitole 2.3.4. V případě skupiny dluhopisů je

zapotřebí vyjádřit pravděpodobnost změny ratingové kategorie se zohledněním vzájemné závislosti vývoje cen jednotlivých dluhopisů. Pro účely ocenění dluhopisu je nutné zjistit výši nominální hodnoty, výši kupónu, četnost jeho výplaty, datum splatnosti a výnosovou míru v podobě výnosové křivky.

Téměř všechna data potřebná pro ocenění dluhopisu lze získat na finančních trzích. Jedinou úlohou je nalezení odpovídajících výnosových křivek, pro jejichž kalkulaci není na trhu dluhopisů dostatečné množství dat. Tento problém vyřešil italský profesor Andrea Resti, který odvodil výnosové křivky z odpovídajících matic přechodu. Popis jeho metody je obsažen v kapitole 3.5.1.

Další překážkou je stanovení pravděpodobností přechodu v případě skupiny dluhopisů, kde by měl být zohledněn i stupeň korelace jednotlivých dluhopisů, resp. jejich emitentů. Jedním z možných řešení je využití Choleskeho matice, která je popsána v kapitole 3.5.2.

3.5.1 Odvození výnosových křivek z matice přechodu

Znalost výnosových křivek je pro ocenění dluhopisů naprosto zásadní, neboť určují diskontní faktor. Andrea Resti (1999) vypracoval metodu, která usnadňuje stanovení těchto křivek, přičemž jsou využita veřejně velice dobře dostupná data v podobě přechodových matic. Celé odvození sestává ze dvou základních kroků. V prvním kroku je odvozena matice pro více období. Toho je docíleno umocněním matice odpovídajícím počtem let. Protože je přechodová matice stacionární, což znamená, že se nemění pravděpodobnosti přechodu v závislosti na předcházejících letech, lze tuto jednoduchou matematickou operaci provést bez dalších omezujících podmínek. V druhém kroku jsou odvozeny výnosové křivky z víceletých pravděpodobností defaultu získaných v prvním kroku. Tento postup tak umožňuje stanovení výnosové křivky pro jakýkoliv rating či období.

V praxi vypadá konstrukce výnosových křivek následovně. Zaprvé je zapotřebí sestavit matici, která se skládá z několika částí. Tou první je matice přechodu (T_v), ze které je vyloučen poslední sloupec. Druhou částí je vektor s pravděpodobnostmi defaultu (t_d). Třetí částí je transponovaný nulový vektor ($0'$), u něhož počet nul odpovídá počtu ratingových kategorií (kromě defaultu). Poslední částí je buňka s hodnotou 1, která se nachází v pravém dolním rohu nově sestavené matice. Výsledná matice tedy vypadá následovně:

$$T = \begin{bmatrix} T_v & t_d \\ 0' & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.14)$$

Dvouletá matice přechodu se vypočte jako:

$$T^2 = T \cdot T = \begin{bmatrix} T_v^2 & (1 + T_v) \cdot t_d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.15)$$

V případě delší splatnosti dluhopisů je formulován tento obecný vztah:

$$T^n = \begin{bmatrix} T_v^n & \sum_{i=0}^{n-1} T_v^i \cdot t_d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.16)$$

Ve výsledné matici lze z posledního sloupce vyčíst pravděpodobnost defaultu za vybrané období, a to pro jakoukoliv ratingovou kategorii. Takováto pravděpodobnost je označována jako p_n^i , kde n je doba splatnosti dluhopisu. Odvození výnosové křivky vychází ze vztahu, který předpokládá, že jednoletý výnos v případě rizikového úvěru (dluhopisu) i bezrizikového aktiva je totožný. Tento vztah vypadá následovně:

$$(1 + r_1^i) \cdot (1 - p_1^i) + p_1^i \cdot RR = 1 + r_1^F, \quad (3.17)$$

kde r_1^i je jednoletý výnos rizikového úvěru, p_1^i je pravděpodobnost defaultu rizikového úvěru za časové období jednoho roku, RR je míra návratnosti a r_1^F je jednoletý výnos bezrizikového aktiva.

Úpravou rovnice (3.17) je možné vyjádřit výnosovou míru:

$$r_1^i = \frac{r_1^F + p_1^i \cdot (1 - RR)}{1 - p_1^i}. \quad (3.18)$$

Pro dvě období lze stanovit úrokovou míru na základě následující rovnice:

$$p_1^i \cdot RR \cdot \frac{(1 + r_2^F)^2}{(1 + r_1^F)} + (p_2^i - p_1^i) \cdot RR + (1 + r_2^i)^2 \cdot (1 - p_2^i) = (1 + r_2^F)^2. \quad (3.19)$$

První sčítanec na levé straně rovnice vyjadřuje situaci, kdy dojde v prvním roce k defaultu, přičemž hodnota je úročena ke konci dvouletého období pomocí bezrizikové úrokové sazby. Druhý sčítanec reprezentuje default v druhém roce a třetím sčítancem je vyjádřen nedefaultový stav. Na pravé straně rovnice se nachází bezrizikový dvouletý výnos.

Z uvedené rovnice je opětovně možné vyjádřit výnosovou míru, tentokrát pro druhý rok:

$$r_2^i = \sqrt{\frac{(1+r_2^F)^2 - p_1^i \cdot RR \cdot \frac{(1+r_2^F)^2}{(1+r_1^F)} - (p_2^i - p_1^i) \cdot RR}{1 - p_2^i}} - 1. \quad (3.20)$$

Pro více období se vychází z rovnice:

$$RR \cdot \sum_{j=1}^n \left\{ (p_j^i - p_{j-1}^i) \cdot \frac{(1+r_n^F)^n}{(1+r_j^F)^j} \right\} + (1+r_n^i)^n \cdot (1 - p_n^i) = (1+r_n^F)^n, \quad (3.21)$$

z níž je možné odvodit finální podobu obecné rovnice pro výnosovou míru dlužníka v ratingové kategorii i s dobou splatnosti dluhu n :

$$r_n^i = (1+r_n^F) \cdot \left\{ \frac{1 - RR \cdot \sum_{j=1}^n \frac{p_j^i - p_{j-1}^i}{(1+r_j^F)^j}}{1 - p_n^i} \right\}^{\frac{1}{n}} - 1. \quad (3.22)$$

Výnosové křivky dluhopisů s horším ratingem by měly dosahovat vyšších hodnot než křivky dluhopisů s lepším ratingem. S rostoucím časovým horizontem však klesá mezní vliv každého dalšího roku na pravděpodobnost defaultu, což se projevuje přechodem z rostoucího trendu v trend klesající. V případě velice dlouhých splatností tak mohou být rozdíly ve výnosech různě ohodnocených dluhopisů nepatrné.

3.5.2 Určení stupně korelace kreditních výnosů dluhopisů

Nalezení stupně závislosti kreditních výnosů libovolných dvou dluhopisů je spojeno se stejným problémem jako stanovení výnosových křivek. Tím je opětovně nedostatek tržních dat. Vzhledem k přístupu R. Mertona, který nazíral na pravděpodobnost defaultu skrze tržní hodnotu společnosti, která v případě poklesu pod určitou hranici indikuje možné problémy firmy a její zvýšenou pravděpodobnost úpadku, je možné korelaci kreditních výnosů zachytit právě prostřednictvím tržních hodnot emitentů jednotlivých dluhových instrumentů. Řešením je proto nalezení stupně korelace mezi výnosy akcií emitentů vybraných dluhopisů. Právě pokles hodnoty jejich akcií vede k poklesům hodnot celých společností, což zvyšuje

pravděpodobnost nesplácení existujících závazků, a vice versa. Stupeň korelace lze vypočítat na základě rovnice (3.11). Jelikož je kreditní riziko nejčastěji kalkulováno na časové období jednoho roku, je vhodné, aby i korelace mezi jednotlivými emitenty byla stanovena na základě meziročních výnosů.

Určení závislosti mezi jednotlivými emitenty dluhopisů je nezbytnou součástí kalkulace kreditního rizika portfolia. Vypočtené hodnoty ve formě kovarianční matice slouží k sestavení Choleskeho matice, pomocí níž je dále možné provádět simulaci Monte Carlo se zohledněním vzájemné závislosti jednotlivých výnosů. Způsob sestavení a využití Choleskeho matice v procesu simulace je popsán v následujícím textu.

Choleskeho matice začleňuje do procesu simulace hodnoty portfolia korelaci jednotlivých instrumentů tím způsobem, že původně generovaná náhodná veličina normovaného normálního rozdělení ve formě vektoru se stává po vynásobení touto maticí veličinou respektující vzájemný stupeň korelace výnosů jednotlivých finančních instrumentů, což lze zapsat jako:

$$\vec{z}^T = \vec{e}^T \cdot P, \quad (3.23)$$

kde \vec{z}^T je transponovaná oblast korelovaných náhodných veličin, \vec{e}^T je transponovaná oblast nekorelovaných náhodných veličin a P je Choleskeho matice.

Choleskeho matici lze sestavit na základě kovarianční matice, a to podle následujícího vztahu:

$$C = P \cdot P^T, \quad (3.24)$$

kde C je kovarianční matice.

Jednotlivé prvky Choleskeho matice lze dopočítat použitím následujících rovnic:

$$p_{ii} = \left(\sigma_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (3.25)$$

$$p_{ij} = \left(\sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki} \cdot p_{kj} \right) \cdot p_{ii}^{-1} \quad \text{pro } 1 \leq i < j \leq N, \quad (3.26)$$

$$p_{ij} = 0 \quad \text{pro } i > j; i, j = 1, 2, \dots, N, \quad (3.27)$$

kde p_{ii} a p_{ij} jsou jednotlivé prvky Choleskeho matice.

3.6 Fáze propočtu kreditního rizika pro jednu obligaci

Celý proces stanovení kreditního rizika jednotlivé obligace je v metodologii CreditMetrics rozčleněn do čtyř kroků, kterými jsou analýza migrace, ocenění, odhad kreditního rizika a výběr časového horizontu.

Analýza migrace obsahuje nalezení pravděpodobností přechodu mezi ratingovými kategoriemi pro vybraný dluhopis, a je ji proto možné provést na základě informací uvedených v odpovídající matici přechodu (viz kapitola 2.3.4).

Ocenění je založeno na stanovení současné hodnoty budoucích peněžních toků plynoucích z vlastnictví dluhopisu, a to za použití forwardové výnosové křivky, přičemž hodnota je stanovena ke konci jednoletého období, pro které má být kreditní riziko kvantifikováno:

$$V_B = C + \frac{C}{(1+f_1)} + \frac{C}{(1+f_1) \cdot (1+f_2)} + \dots + \frac{C}{(1+f_1) \cdot (1+f_2) \cdot \dots \cdot (1+f_T)} + \frac{FV}{(1+f_1) \cdot (1+f_2) \cdot \dots \cdot (1+f_T)}. \quad (3.28)$$

Při odhadu kreditního rizika je v první fázi zapotřebí určit očekávanou hodnotu portfolia, která odpovídá váženému průměru všech možných hodnot vybraného dluhopisu, a kde váhou jsou pravděpodobnosti nabytí těchto hodnot neboli pravděpodobnosti přechodu. Na základě znalosti očekávané hodnoty je možné určit směrodatnou odchylku, a to podle vztahu (3.12). Při výpočtu směrodatné odchylky je však zapotřebí zachytit nestálost míry návratnosti. S využitím odchylky míry návratnosti od její střední hodnoty lze formulovat nový vztah, jenž tuto odchylku obsahuje:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^S p_i \cdot (V_{B,i}^2 + \sigma_i^2) - E(V_B)^2}, \quad (3.29)$$

kde S je počet ratingových kategorií a $V_{B,i}$ je hodnota dluhopisu v i -té ratingové kategorii.

Směrodatná odchylka σ_i nabývá v případě nedefaultových ratingových kategorií hodnoty nula, což sice zcela neodpovídá realitě, ale vzhledem k obtížnosti stanovení podílu systematického a jedinečného rizika směrodatné odchylky od střední hodnoty pracuje model

CreditMetrics s tímto předpokladem. Ve chvíli, kdy dojde k selhání, však již hodnota σ_i odpovídá míře odchylky od očekávané míry návratnosti, která je zjištěna na základě analýzy dlouhodobých historických dat.

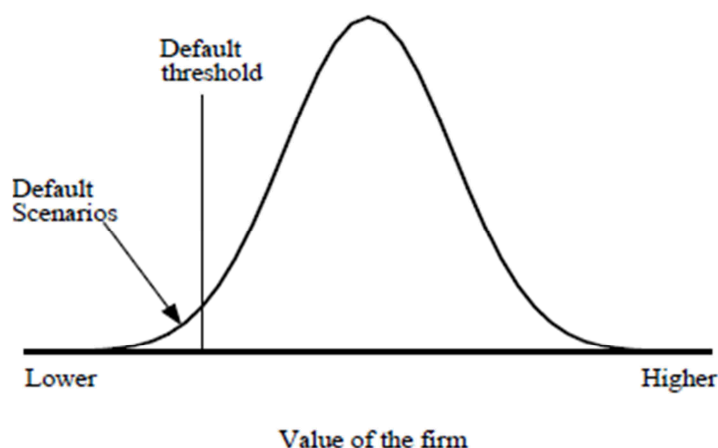
I v případě jednoho dluhopisu je možné určit riziko pomocí percentilů. Toto měřítko rizika je však mnohem vhodnější využít v případě simulačního přístupu, kde je získáno větší množství údajů umožňujících jeho přesnější stanovení.

Výběr časového horizontu je do značné míry založen spíše na konvencích než na exaktní teorii. V případě metodologie CreditMetrics je možné stanovit riziko i na období kratší nebo delší než jeden rok. Jednoleté období se však často volí právě proto, že údaje o pravděpodobnostech defaultu vydávané ratingovými agenturami jsou platné na stejný časový horizont. Dalším důvodem je lepší vnímání daného období, což autoři metodologie přirovnávají např. k řízení automobilu, kde měření rychlosti probíhá v kilometrech za hodinu, i když stejnou rychlost je možné vyjádřit v metrech za sekundu nebo jiných jednotkách. Vliv má i typ hodnoceného instrumentu. V případě dluhopisu je jednoleté období vhodné především kvůli výplatě kupónových plateb, která probíhá nejčastěji právě jednou ročně. Vždy však musí být stanoven stejný časový horizont pro aktiva, jež mají být porovnána případně seskupena v portfoliu.

3.7 Prah defaultu

Pro další přiblížení metodologie CreditMetrics je možné využít Mertonova přístupu. Ten říká, že firma defaultuje ve chvíli, kdy hodnota společnosti poklesne pod určitou mez. Touto mezí (prahem) defaultu je hodnota závazků dané společnosti. Hodnota firmy se dle Merton (1974) vyvíjí náhodně dle nějakého rozdělení pravděpodobnosti a nebezpečné jsou pro ni právě okamžiky poklesu pod danou mez, kdy firma není nadále schopna pokrýt své závazky. Graficky je popsána situace prezentována na následujícím obrázku, kde se na horizontální ose nachází hodnota společnosti a na vertikální ose pravděpodobnost nabytí konkrétní hodnoty.

Obr. 3.3 Rozdělení hodnoty společnosti a prah defaultu

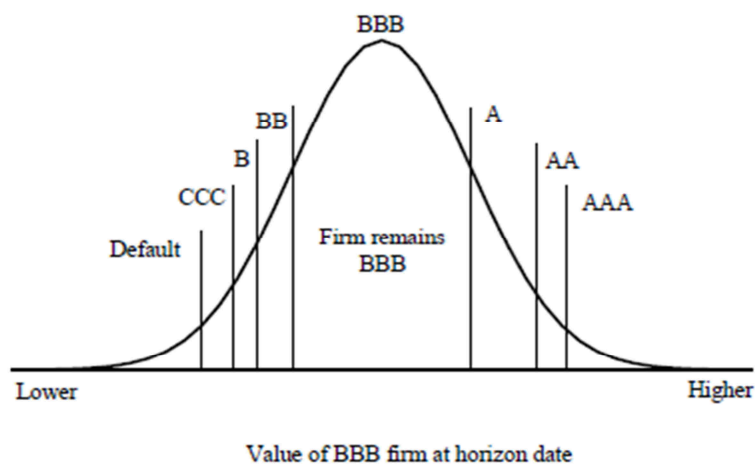


Zdroj: CreditMetrics – technical document

Z Obr. 3.3 lze vysledovat, že hodnota společnosti se vyvíjí na základě normálního rozdělení (Gaussova křivka). Pravděpodobnost defaultu proto tvoří oblast, jež se nachází pod zakreslenou křivkou rozdělení, a která je zleva ohraničena mezní hodnotou normálního rozdělení a zprava potom prahem defaultu. Matematicky ji lze proto stanovit jako určitý integrál pravděpodobnostní funkce normálního rozdělení.

Grafické vyjádření pravděpodobnosti defaultu lze snadno rozšířit tak, aby zachycovalo i pravděpodobnosti přechodu do jednotlivých ratingových kategorií. Vedle prahu defaultu je pouze zapotřebí nalézt další mezní hodnoty ohraničující přechody mezi ratingovými stupni. Výsledné rozdělení potom vypadá například tak, jak je zakresleno v Obr. 3.4.

Obr. 3.4 Rozdělení hodnoty společnosti a prahy přechodu mezi ratingovými kategoriemi



Zdroj: CreditMetrics – technical document

Obr. 3.4 zachycuje hranice přechodu a hranici defaultu pro společnost, jejíž původní rating je BBB. Nejvíce pravděpodobná je situace, kdy nedojde ke změně ratingového stupně, což lze vysledovat i z plochy pod křivkou normálního rozdělení, která je právě pro tuto situaci jednoznačně největší. S rostoucí vzdáleností od původní ratingové kategorie by mělo docházet k poklesu pravděpodobnosti přechodu, což lze potvrdit i na přiloženém obrázku, kde lze vypočítat zmenšující se plochu pod křivkou rozdělení například mezi ratingy A a AA.

3.8 Analýza marginálního rizika

V případě sestavení portfolia je jeho celkové riziko ve většině případů nižší než součet individuálních rizik všech aktiv v portfoliu. Tento fakt je zapříčiněn diversifikačním efektem, ve kterém se projevují vzájemné stupně závislosti jednotlivých aktiv. Efekt zapojení dalších aktiv do portfolia je možné stanovit na základě rozdílu mezi celkovým rizikem portfolia s daným aktivem a celkovým rizikem portfolia neobsahujícího toto aktivum.

V případě využití směrodatné odchylky jako nástroje měření kreditního rizika je zapotřebí porovnat její absolutní velikosti. Nárůst směrodatné odchylky, který je způsoben připojením aktiva do portfolia, odpovídá marginálnímu riziku daného aktiva.

Marginální riziko v případě percentilu je opět možné měřit na základě připojení dalšího aktiva do portfolia. Jeho výši odpovídá rozdíl mezi vzdáleností konkrétního percentilu od střední hodnoty po rozšíření portfolia a vzdáleností stejného percentilu od střední hodnoty před rozšířením portfolia. Tento rozdíl by opětovně měl být nižší než vzdálenost vybraného percentilu od střední hodnoty v případě samostatně stojícího aktiva, což je zapříčiněno efektem diversifikace.

3.9 Korelace defaultu

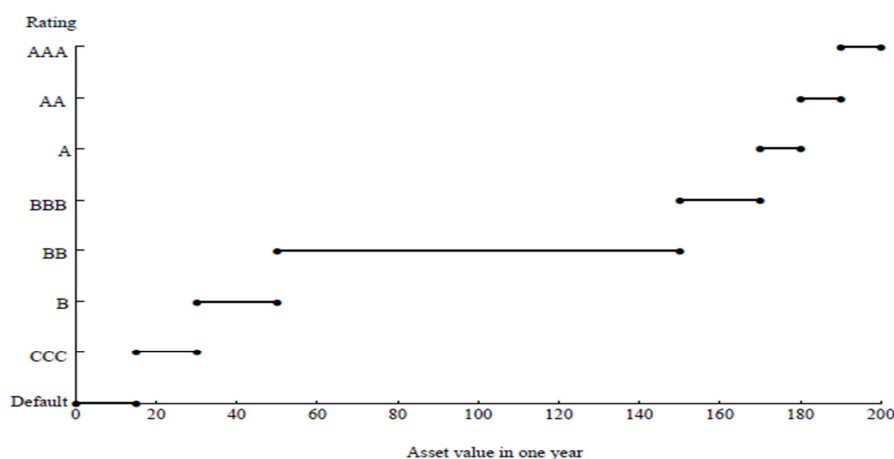
Najít závislost mezi defaulty dvou různých společností je možné přímým pozorováním defaultních událostí velkého množství jednotek. Tento přístup však vychází z předpokladu, že za vybrané období je k dispozici potřebný objem dat, což bývá často hlavní překážka nevyužití tohoto přístupu v praxi.

Další možností je stanovení korelace defaultu na základě využití dluhopisových spreadů, protože změny cen dluhopisů signalizují i změny v jejich úvěrovém hodnocení. Mezi požadavky pro využití tohoto přístupu patří opětovně dostatečné množství dat, vedle kterého je zapotřebí sestavit model, který ceny dluhopisů dává do souvislosti s kreditními událostmi. Na základě znalosti vypočtených spreadů, jež jsou dány rozdílem mezi výnosem rizikového a

bezrizikového dluhopisu, lze stanovit korelaci vývoje těchto spreadů. Hlavní úlohu však plní model oceňování, který dokáže propojit závislost vývoje spreadů s pravděpodobností defaultu. Ani tento způsob však pro nedostatek potřebných dat není dle autorů metodologie CreditMetrics aplikovatelný v praxi.

Třetím přístupem a rovněž tím, který je využit v této diplomové práci, je nalezení korelace defaultu na základě vývoje cen akcií daných společností. Částečně je tento přístup popsán v kapitole 3.5.2, pro následné využití v praktické části je však zapotřebí jej více přiblížit. Pro aplikaci nejsou využity hodnoty akcií jednotlivých emitentů, ale pouze výnosy těchto akcií v procentním vyjádření. Vztah mezi hodnotou společnosti a jejím zařazením do určité ratingové kategorie demonstruje Obr. 3.5. Výchozí hodnota uvažované společnosti je 100 peněžních jednotek.

Obr. 3.5 Změny ratingových kategorií zapříčiněné změnou hodnoty společnosti



Zdroj: CreditMetrics – technical document

Z Obr. 3.5 lze vysledovat bezprostřední vztah mezi různými hodnotami společnosti a zařazením této společnosti do ratingové kategorie. Růst hodnoty firmy s původním ratingem BB na 150 peněžních jednotek znamená v tomto konkrétním případě přesun z původní ratingové kategorie do kategorie o stupeň vyšší. Jednotlivé hraniční hodnoty představují prahy přechodu mezi ratingovými stupni a jejich výše je u různých společností odlišná. Jako prah defaultu by v tomto případě byla označena hodnota společnosti ve výši přibližně 15 peněžních jednotek.

Jsou-li známy hraniční hodnoty společnosti, je zapotřebí uvědomit si, jak velká procentní změna hodnoty je zapotřebí pro dosažení konkrétních mezí. Jelikož změny hodnoty

firmy v podobě výnosů jejích akcií odpovídají normálnímu rozdělení, je možné stanovit meze na základě střední hodnoty μ a směrodatné odchylky σ .

Jestliže jsou Z_{Def} , Z_{CCC} , Z_{BBB} apod. jednotlivé meze (prahy) přechodu, pak platí, že pokud je hodnota výnosu společnosti nižší než Z_{Def} , společnost defaultuje. Nachází-li se hodnota v intervalu mezi Z_{Def} a Z_{CCC} , pak získá společnost rating CCC. Obdobným způsobem, ve kterém se pouze mění hraniční hodnoty intervalů, je možné získat jakoukoliv ratingovou kategorii.

Na základě pochopení mezí přechodu lze matematickým zápisem vyjádřit pravděpodobnost, s jakou se daná společnost, resp. jí emitovaný dluhopis, ocitne v určité ratingové kategorii, a to následovně:

$$\Pr\{default\} = \Pr\{R_i < Z_{Def}\} = \Phi(Z_{Def} / \sigma), \quad (3.30)$$

$$\Pr\{CCC\} = \Pr\{Z_{Def} < R_i < Z_{CCC}\} = \Phi(Z_{CCC} / \sigma) - \Phi(Z_{Def} / \sigma), \quad (3.31)$$

kde R_i je výnos akcií dané společnosti.

Příklad pravděpodobností přechodu do hlavních ratingových kategorií a jejich matematický zápis v situaci, kde výchozí rating firmy je BB, jsou zachyceny v následující tabulce.

Tab. 3.2 Jednoleté pravděpodobnosti přechodu pro dlužníka s ratingem BB

Rating	Pravděpodobnost přechodu (%)	Matematický zápis
AAA	0,03	$1 - \Phi(Z_{AA}/\sigma)$
AA	0,14	$\Phi(Z_{AA}/\sigma) - \Phi(Z_A/\sigma)$
A	0,67	$\Phi(Z_A/\sigma) - \Phi(Z_{BBB}/\sigma)$
BBB	7,73	$\Phi(Z_{BBB}/\sigma) - \Phi(Z_{BB}/\sigma)$
BB	80,53	$\Phi(Z_{BB}/\sigma) - \Phi(Z_B/\sigma)$
B	8,84	$\Phi(Z_B/\sigma) - \Phi(Z_{CCC}/\sigma)$
CCC	1,00	$\Phi(Z_{CCC}/\sigma) - \Phi(Z_{Def}/\sigma)$
Default	1,06	$\Phi(Z_{Def}/\sigma)$

Zdroj: CreditMetrics – technical document

Jelikož musí být dodržena rovnice (3.30), lze vyjádřit jednotlivé meze přechodu jejich osamostatněním v této rovnici, tedy:

$$Z_i = \Phi^{-1}(p_i) \cdot \sigma, \quad (3.32)$$

kde Z_i je mez přechodu a p_i kumulativní pravděpodobnost nabytí i -té ratingové kategorie.

Pro hodnoty pravděpodobností uvedené v Tab. 3.2 by byly příslušné meze přechodu seřazeny tak, jak zachycuje Tab. 3.3.

Tab. 3.3 Prahy přechodu pro dlužníka s výchozím ratingem BB

Prahy přechodu	Hodnota prahu přechodu
Z_{AA}	3,43 σ
Z_A	2,93 σ
Z_{BBB}	2,39 σ
Z_{BB}	1,37 σ
Z_B	-1,23 σ
Z_{CCC}	-2,04 σ
Z_{Def}	-2,30 σ

Zdroj: CreditMetrics – technical document

3.10 Simulační přístup při stanovení kreditního rizika portfolia obligací

V případě méně početných portfolií je možné stanovit kreditní riziko na základě analytického přístupu, který je popsán v předcházejících kapitolách. S rostoucím počtem aktiv v portfoliu se však kalkulace kreditního rizika stává stále obtížnější a časově náročnější. Z tohoto důvodu je mnohem vhodnější využít simulační přístup, který je spojen s několika výhodami. Vedle možné aplikace na početná portfolia je to především časová úspora. Jakmile je odhadnut proces, dle kterého se vyvíjí hodnoty vybraných aktiv, není již žádný problém provádět simulaci širokého množství scénářů a variant.

3.10.1 Simulace Monte Carlo

Simulace Monte Carlo je metoda, která usiluje o napodobení skutečnosti. Je založena na generování náhodných čísel, což je z velké části v souladu s vývojem tržních cen řady finančních instrumentů, které se rovněž vyvíjejí náhodně (random walk). Pro získání náhodných čísel existuje v dnešní době celá řada softwarových aplikací. Za náhodná čísla je možné dle Alexander (2008) označit taková, u kterých je pravděpodobnost vygenerování stejná, a to na nekonečně dlouhém časovém intervalu. Programy využívané v praxi potom negenerují přímo náhodná čísla, ale pouze čísla pseudonáhodná, která jsou však od opravdových náhodných čísel prakticky nerozeznatelná. Jediným problémem, který v případě generování náhodných čísel prostřednictvím počítačových programů nastává, je periodicitu, jež je také faktorem odlišujícím více kvalitní počítačové aplikace od těch méně kvalitních. Pro účely měření kreditního rizika je v této práci využit generátor pseudonáhodných čísel, jenž je součástí programu Microsoft Excel 2010, a který umožňuje

generovat náhodná čísla z několika různých typů rozdělení. Vzhledem k normalitě výnosů tržních hodnot společností je potom pro účely aplikační části diplomové práce využito právě generování pseudonáhodných čísel z normovaného normálního rozdělení.

Simulace individuálních hodnot však není dostatečná pro měření kreditního rizika portfolií, v nichž existuje určitý stupeň korelace mezi jednotlivými aktivy. Tento problém je možné vyřešit využitím Choleskeho matice, která je popsána v kapitole 3.5.2.

Stanovení kreditního rizika na základě metodologie CreditMetrics lze s využitím simulačního přístupu rozdělit do tří základních kroků. V prvním kroku dochází ke generování scénářů, čímž jsou získány ratingy jednotlivých dluhopisů (emitentů) na konci analyzovaného období. V druhém kroku jsou vypočteny hodnoty portfolia na základě aplikace vztahu (3.28). Posledním krokem je sumarizace a interpretace výsledků. Velké množství možných hodnot portfolia umožňuje sestavení rozdělení těchto hodnot a následné stanovení kreditního rizika na základě nástrojů popsaných v kapitole 3.4.

Pro účely ocenění je zapotřebí ještě více přiblížit, jakým způsobem se do hodnoty dluhopisu promítá proměnlivost míry návratnosti. Hodnota dluhopisu v případě defaultu odpovídá součinu nominální hodnoty dluhopisu a příslušné míry návratnosti. Avšak problémem je stochastická povaha míry návratnosti. Zmeškal (2004) popisuje, jak lze s využitím Excelu simulovat i vývoj této náhodné veličiny. Prvotní úlohou je vygenerování pseudonáhodných čísel z intervalu (0;1). Příslušnou hodnotu míry návratnosti lze poté určit pomocí funkce inverzní k funkci beta:

$$RR = Beta^{-1}(\alpha, \theta) = BETAINV(r, \alpha, \theta), \quad (3.33)$$

kde r je náhodná proměnná z rovnoměrného rozdělení $R(0;1)$.

Náhodnou veličinu r je možné získat generováním pseudonáhodných čísel z příslušného rozdělení. Je však zapotřebí dopočítat koeficienty α a β . Toho lze docílit vyřešením soustavy dvou rovnic o dvou neznámých. Tato soustava je složená z rovnic (2.9) a (2.10), kde neznámými jsou právě koeficienty α a β , směrodatné odchylky (rozptyl) a střední hodnoty jsou pro jednotlivé seniority dluhopisů stanoveny na bázi historického pozorování. Matematické odvození obou koeficientů je součástí Přílohy č. 13 a jeho výsledky jsou následující:

$$\alpha = \frac{E(X) \cdot \theta}{1 - E(X)}, \quad (3.34)$$

$$\theta = \frac{E(X) \cdot (1 - E(X))^2}{\text{var}(X)} + E(X) - 1. \quad (3.35)$$

3.11 Interpretace výsledků

K interpretaci výsledků měření kreditního rizika je možné využít několik způsobů. Nejlepší variantou je prezentace výsledků na základě popsaných statistických nástrojů, tedy směrodatné odchylky a percentilu. Velice vhodným je však také grafické řešení, s jehož pomocí je možné vizualizovat velké množství výsledků v jediném obrázku. Pro tento účel je proto sestavován histogram, který dokáže v případě většího objemu pozorování (scénářů) velice věrně zachytit rozdělení konečných hodnot portfolia. Propojením vrcholů jednotlivých sloupců je potom získána spojitá linie rozdělení pravděpodobnosti výsledných hodnot.

Další možností je sestavení grafu, který zachycuje na horizontální ose kreditní expozici neboli tržní hodnotu dluhopisu a na vertikální ose mezní směrodatnou odchylku vyjádřenou v procentech (vzhledem ke střední hodnotě dluhopisu). Součinem obou těchto veličin je získána hodnota absolutního mezního rizika. Pro přesnější ohodnocení rizika jednotlivých aktiv je navíc vhodné do grafu vložit i křivku zachycující stejnou míru rizika (iso-risk line). Nejvíce k celkovému riziku portfolia přispívají ty dluhopisy, jejichž souřadnice se nacházejí nad iso-risk line.

Po stanovení kreditního rizika portfolia i mezního kreditního rizika jednotlivých instrumentů je možné přistoupit k opatřením vedoucím k redukci rizikovosti portfolia. Té je možné docílit stanovením hraničních limitů, a to jak na rizikovost daného aktiva, tak na expozici. Limitům nevyhovující aktiva potom mohou být z portfolia vyřazena a nahrazena jinými. Dle autorů metodologie CreditMetrics může být velice vhodným řešením například výměna rizikových dluhopisů mezi subjekty, jejichž portfolia jsou sestavena z odvětvově či geograficky různých oblastí. Efekt diversifikace může potom i v případě přijetí rizikového aktiva zapříčinit pokles celkového rizika portfolia.

4 Stanovení kreditní rizika portfolia obligací pomocí metody CreditMetrics

Kreditní riziko je měřeno u portfolia, které je složeno z celkem deseti obligací. Jedná se o dluhopisy, jež jsou obchodovány na anglické London Stock Exchange (LSE), největší a nejvýznamnější burze cenných papírů v Evropě. LSE zveřejňuje téměř všechny relevantní informace každý obchodní den. Samozřejmostí je i archivace historických dat, čímž je zajištěna dostupnost vstupních údajů potřebných pro kalkulaci kreditního rizika v této práci. Pro zachycení závislosti vývoje vybraných společností je po určení podílů jejich obchodních činností na celkovém podnikání možné využít oborové indexy. Pro větší přesnost je však vhodné stanovit korelaci na bázi denně aktualizovaných tržních dat. Toho je opět možné docílit poměrně jednoduše, jelikož emitenty všech vybraných dluhopisů jsou akciové společnosti, jejichž akcie jsou na LSE veřejně obchodovány.

Časovým horizontem pro kalkulaci kreditního rizika je jeden rok, jehož počátek je stanoven na 21. 9. 2012. Ocenění dluhopisů pro všechny ratingové kategorie je provedeno s využitím výnosových křivek odvozených z přechodové matice. Celkem 10 000 scénářů získaných pomocí simulace Monte Carlo a odrážejících korelaci mezi jednotlivými dluhopisy umožňuje ke konci jednoletého období stanovit pravděpodobnostní rozdělení očekávaných hodnot, na jehož základě je určena směrodatná odchylka a požadované kvantily pro obě vybraná portfolia. Postupným vyřazováním dluhopisů každé společnosti z portfolia jsou zjištěny jejich marginální směrodatné odchylky, které společně s tržními expozicemi představují vstupy pro grafickou prezentaci výsledků. K interpretaci kvantilů jsou dopočteny příslušné hodnoty ekonomického kapitálu.

Při aplikaci metodologie CreditMetrics je stanoveno několik předpokladů. Při ocenění dluhopisů jsou zanedbány transakční poplatky spojené s jejich nákupem. Výše bezrizikové úrokové sazby je pro budoucí období považována za konstantní (viz kapitola 4.6). Hodnoty výnosových křivek jsou odvozeny z přechodové matice, a nemusí proto zcela odpovídat aktuálním ani budoucím tržním úrokovým sazbám.

Celý postup stanovení kreditního rizika tedy vypadá následovně. V prvním kroku jsou vypočteny výnosy, pomocí nichž je odvozena kovarianční a korelační matice. Současně jsou podle rovnice (3.28) zjištěny hodnoty dluhopisů pro všechny ratingové kategorie, a to s využitím forwardových výnosových křivek odvozených z přechodové matice. V dalším kroku jsou stanoveny meze přechodu mezi ratingovými kategoriemi, a to opětovně na základě

údajů obsažených v přechodové matici. Následně jsou určeny korelované hodnoty výnosů jako součin nekorelovaných výnosů získaných simulací Monte Carlo a Choleskeho matice. Tyto výnosy představují kritérium pro zařazení do jednotlivých ratingových kategorií, které jsou ohraničeny odvozenými mezemi přechodu. Znalost ratingů dále umožňuje přiřadit jednotlivým dluhopisům příslušnou hodnotu, přičemž pro defaultní stavy odpovídá výsledná hodnota součinu nominální hodnoty a míry návratnosti, jež je určena prostřednictvím simulačního přístupu. Součet hodnot jednotlivých dluhopisů představuje hodnotu celého portfolia. 10 000 scénářů potom umožňuje stanovit rizikové charakteristiky postupem popsaným výše. Výsledky jsou prezentovány slovně, v podobě tabulky (kvantily a odpovídající hodnoty ekonomického kapitálu) i graficky (rozdělení hodnot portfolia, vztah mezi rizikovostí a tržní expozicí).

4.1 Informace o emitentech vybraných dluhopisů

Vybrané portfolio sestává z jednoho státního dluhopisu anglické vlády a devíti obligací emitovaných společnostmi, z nichž mnohé působí nejen na anglickém trhu, ale i v zahraničí. Těmito firmami jsou B. A. T. International Finance, Barclays, Unilever, Imperial Tobacco Finance, Hammerson, Lloyds, ICAP, Kingfisher a Marks & Spencer.

B. A. T. International Finance je dceřinou firmou dle tržního podílu druhé největší tabákové společnosti na světě. První tři písmena v názvu jsou zkratkou pro British American Tobacco a neustále tím připomínají, že mateřská firma vznikla jako joint venture mezi britskou Imperial Tobacco Company a americkou Tobacco company. Matka působí v mnoha zemích a na svých webových stránkách se pyšní například tím, že její cigarety nakupuje jeden z každých osmi kuřáků. B. A. T. group vlastní 46 továren ve 39 zemích a zaměstnává více než 55 000 zaměstnanců. Jako jedna z mála je zainteresována na kvalitě tabákových listů, čehož je důkazem značná podpora farmářů a také snaha vyhovět nově vznikajícím požadavkům na tabákové výrobky. Hlavní úlohou B. A. T. International Finance je poskytování finančních služeb své mateřské společnosti v Evropě, Americe i Asii. Do skupiny byla začleněna v roce 1972 a sídlí v Londýně.

Barclays je globální finanční instituce, jejímž středem zájmu je poskytování bankovních a investičních služeb pro soukromé osoby, podnikatele, municipality a další subjekty. Počátky existence Barclays se datují ke konci 17. století a v současné době provozuje banka svou činnost ve více než 50 zemích a zaměstnává na 140 000 zaměstnanců. Novou iniciativou je prezentování banky jako „Go-To“, neboli místa, kam se klienti rádi

vracejí. Tento koncept je založen na vytváření pevných vztahů nejen mezi klienty a bankou, ale také mezi zaměstnanci navzájem a v neposlední řadě i mezi bankou a investory.

Společnost **Unilever** je možné charakterizovat jejími produkty. Takové značky jako Lipton, Knorr, Dove, Axe či Hellmann's se již dlouhou dobu vyskytují v obchodech a nákupních centrech po celém světě. Unilever působí na území více než 100 zemí a zaměstnává přibližně 170 000 zaměstnanců. V roce 2010 společnost zahájila tzv. Unilever Sustainable Living Plan, což je souhrn cílů, jejichž hlavním záměrem je pokračovat v neustálém růstu společnosti a minimalizaci dopadů na životní prostředí. Unilever investuje každoročně přibližně miliardu eur do vývoje a výzkumu. Specializované laboratoře mají díky těmto investicím možnost objevovat nové postupy a metody, jejichž výsledkem jsou kvalitnější produkty.

Imperial Tobacco Finance je dceřinou společností Imperial Tobacco group, skupiny, která se, stejně jako jako British American Tobacco, zaměřuje na produkci tabákových výrobků. Imperial Tobacco se prezentuje jako společnost, jež je schopna skrze diversifikaci produktů a nastavení vysokých ziskových marží generovat kladné peněžní toky. Reinvestováním těchto financí je schopna opětovně skrze silné prodeje a marže maximalizovat výnosy a v konečném důsledku i hodnotu pro akcionáře a vlastníky. Imperial Tobacco Finance byla založena za účelem zajišťování finančních operací a produktů mateřské společnosti. Sídlo společnosti je v anglickém Bristolu.

Předmětem podnikání společnosti **Hammerson** je investiční a developerská činnost. Největší zdroj zisků společnosti představuje budování maloobchodních nemovitostí, ve kterých jsou situována prodejní místa širokého spektra obchodníků. Zakladatel Lewis Hammerson začal budovat společnost již v roce 1942, kdy postupně přeměňoval domy na mnohem výnosnější apartmány. Základem jejího úspěchu je nalézání vhodných míst pro výstavbu nemovitostí, jež svým charakterem odpovídají očekávanému spektru návštěvníků.

Lloyds TSB je významná retailová banka působící na britských ostrovech. Založena byla roku 1995 fúzí jedné z tehdejších čtyř clearingových bank a skupiny TSB (vznik 1810). Banka vlastní značné množství poboček na území Anglie a Walesu a celou řadu klientských požadavků je schopna vyřizovat 24 hodin denně prostřednictvím nepřetržitého telefonního bankovníctví. V roce 2009 došlo k přejmenování společnosti na Lloyds Banking Group, především kvůli spojení s HBOS, čímž vznikla největší bankovní skupina ve Spojeném

království. Tato skupina usiluje o udržení zákazníků nejen prostřednictvím širokého spektra nabízených produktů a služeb, ale především svou dobrou reputací, kterou se snaží nadále zlepšovat.

ICAP je světová společnost zabývající se řízením rizik a poskytováním informačních služeb. Předmětem jejího podnikání jsou úrokové sazby, úvěry, komodity, měny, vlastní kapitál i finanční deriváty. Firma se rovněž zaměřuje vedle rozvinutých ekonomik i na rozvíjející se trhy. V současné době působí ve více než 32 zemích. Jejím hlavním cílem je stát se jedním z největších účastníků na OTC trzích ve svém oboru, čehož chce docílit především využíváním nejmodernějších technologií a zaměstnáváním kvalitního personálu.

Kingfisher je největší evropská maloobchodní společnost, která vlastní více než 1 000 obchodních míst v 8 státech. Jejích celkem 80 000 zaměstnanců obsluhuje každý týden na 6 000 000 zákazníků. Kingfisher nabízí produkty pro domácnosti i zahrady. Jejimi prodejními místy jsou např. Castorama, Screwfix nebo B&Q, strategickou spoluprací má potom uzavřenou se společností Hornbach. První obchodní činnost společnosti bylo možné zaznamenat v roce 1982. Strategii společnosti do budoucna charakterizují pojmy jednoduchost, spolupráce, expanze a tým.

Poslední z uvedených společností je **Marks & Spencer**. Jedná se o další z maloobchodních podniků, který svým zákazníkům nabízí vedle potravin i oblečení a široké spektrum domácích potřeb. Firma Marks & Spencer spolupracuje s více než dvěma tisíci dodavateli, čímž je schopna zajistit kvalitu nabízených výrobků. Společnost zaměstnává na 78 000 zaměstnanců a ve Spojeném království vlastní více než 700 poboček.

4.2 Základní vstupní data

Vybrané portfolio sestává z devíti dluhopisů společností popsanych v předcházející kapitole a jednoho státního dluhopisu Velké Británie. Informace o všech obligacích jsou zveřejněny na webových stránkách londýnské burzy. Pro účely této práce jsou relevantní především: nominální hodnota, kupónová platba, frekvence výplaty kupónové platby, datum emise, datum splatnosti emise, kurz k datu určení kreditního rizika, rating a seniorita. Vedle těchto informací je vhodné uvést i ISIN jednotlivých cenných papírů. Všechny dluhopisy jsou denominovány v britských librách (GBP). Seniorita všech vybraných dluhopisů je senior unsecured. Jedná se o poměrně kvalitní dluhopisy renomovaných společností, u nichž není vyžadováno krytí jako v případě hypotečních zástavních listů, které jsou obecně považovány

za senior secured. Rating dluhopisů je nejčastěji uveden v prospektu k dané emisi, ale není tomu tak u všech obligací.

Dluhopisům je přiřazeno ratingové ohodnocení agentury Standard & Poor's. To však nelze dohledat v prospektu státního dluhopisu Velké Británie, kterému je proto přiřazen rating státu, tedy AAA. Podobným způsobem je přiřazen rating i dluhopisům společností Barclays, Imperial Tobacco Finance, Kingfisher a Marks & Spencer, jimž jsou přiděleny ratingy emitujících společností. V případě společností ICAP a Hammerson jsou známy ratingy přidělené agenturou Moody's, jež jsou podle Tab. 2.1 převedeny na ratingy udělované agenturou Standard & Poor's.

Všechny potřebné informace zachycuje následující tabulka. Jako nominální hodnota dluhopisu je vždy vybrána nejnižší z různých nominálních hodnot u dané emise.

Tab. 4.1 Informace o emitovaných dluhopisech k 21. 9. 2012

Název dluhopisu	UK TREASURY	B.A.T. INT. FINANCE	BARCLAYS BANK	UNILEVER	IMPERIAL TOBACCO FINANCE
FV (GBP)	100	1000	1000	2000	1000
ISIN	GB00B582JV65	XS0182188366	XS0134886067	XS0434423926	XS0180407602
Datum emise	10. 6. 2010	12. 12. 2003	14. 9. 2001	17. 6. 2009	4. 12. 2003
Datum splatnosti	7. 9. 2020	12. 12. 2019	14. 9. 2026	16. 6. 2017	4. 12. 2018
Kupón	0,0375	0,06375	0,0575	0,0475	0,0625
Frekvence výplaty	2	1	1	1	1
Kurz (%)	117,7	124,9	99,74	115,6	119,6
Rating (S&P)	AAA	BBB+	A+	A+	BBB
Seniorita	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured
Název dluhopis	HAMMERSON	LLOYDS	ICAP	KINGFISHER	MARKS & SPENCER
FV (GBP)	100	1000	1000	1000	100
ISIN	XS0184639895	XS0517466198	XS0805454872	XS0178322474	XS0188430721
Datum emise	23. 2. 2004	21. 6. 2010	31. 7. 2012	21. 10. 2003	24. 3. 2004
Datum splatnosti	23. 2. 2026	7. 9. 2015	31. 7. 2018	15. 12. 2014	24. 3. 2014
Kupón	0,06	0,05375	0,055	0,05625	0,05625
Frekvence výplaty	1	2	2	1	1
Kurz (%)	119,2	106	102,4	107,6	105,3
Rating (S&P)	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
Seniorita	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured

Zdroj: vlastní zpracování

4.3 Určení stupně závislosti vývoje vybraných dluhopisů

Stanovení závislosti vývoje jednotlivých obligací je založeno na zjištění stupně kovariance a následně korelace mezi emitenty vybraných dluhopisů. Pro tento účel je zapotřebí získat tržní data, na jejichž bázi lze požadované veličiny stanovit. Všechny společnosti uvedené v kapitole 4.1 jsou akciové společnosti s denně aktualizovanými tržními hodnotami emitovaných akcií. Stejně tak jsou dostupné i informace o vývoji indexu FTSE 100, který je vybrán jako reprezentant vývoje hodnoty státních obligací, neboť agreguje velké množství významných firem, na jejichž hodnotách se projevuje ekonomická situace britského trhu.

Vybrány jsou hodnoty akcií za jednotlivé týdny v období mezi 20. 9. 2010 a 17. 9. 2012. Využití dvouleté časové řady je dostačující pro věrné zachycení vzájemného vývoje cen akcií v krizovém období, v delším časovém horizontu by již výsledky nemusely dostatečně věrně zachytit skutečnosti typické pro současné období. Mezi devátým a čtrnáctým týdnem roku 2011 nebyly u některých podniků dostupné informace o vývoji tržních cen, proto jsou data za toto období vypuštěna.

Konkrétní hodnoty akcií v britských librách jsou součástí Přílohy č. 1.

Dalším krokem při určení kovariance a korelace je stanovení výnosů. Vzhledem k časovému horizontu, na který je stanovováno kreditní riziko (jeden rok), jsou i výnosy akcií určeny v jejich ročním vyjádření, a to podle rovnice (3.5). Roční výnos je určen jako diskrétní, a to na základě hodnoty akcie v daném období a období časově zpožděném o 52 týdnů.

Hodnoty výnosů jednotlivých akcií v jejich procentním vyjádření jsou součástí Přílohy č. 2. Tab. 4.2 a Tab. 4.3 obsahují kovarianční a korelační matici.

Z Tab. 4.3 je patrné, že mezi některými dvojicemi emitentů existuje poměrně značná závislost vývoje hodnoty. Vysokou míru korelace mezi indexem FTSE 100 a společnostmi Lloyds, Unilever a Marks & Spencer lze vysvětlit tím, že tyto firmy jsou komponentami daného indexu, čímž částečně ovlivňují jeho vývoj. Stupeň korelace ve výši 0,88 mezi společnostmi B. A. T. International Finance a Imperial Tobacco Finance vyplývá z totožnosti jejich předmětu podnikání a stejným způsobem lze interpretovat i korelaci mezi Barclays a Lloyds či Kingfisher a Marks & Spencer. I mezi dalšími páry lze vysledovat vyšší hodnoty

korelací, jejichž příčinou může být přinejmenším stejné regionální zaměření podnikatelské činnosti.

Tab. 4.2 Kovarianční matice (na bázi výnosů v procentním vyjádření p.a.)

	FTSE	B.A.T.	BAR	UNI	ITF	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
FTSE	45,15	10,95	128,64	16,95	3,68	68,27	134,55	14,67	38,88	57,31
B.A.T.	10,95	37,16	7,04	11,14	37,13	-0,38	-8,48	-0,61	17,01	14,09
BAR	128,64	7,04	469,64	27,83	-10,06	197,28	456,30	11,65	98,98	206,74
UNI	16,95	11,14	27,83	19,00	7,27	26,89	25,96	15,78	16,75	10,84
ITF	3,68	37,13	-10,06	7,27	47,66	-12,96	-21,88	-7,02	14,64	16,25
HAM	68,27	-0,38	197,28	26,89	-12,96	122,82	223,30	32,20	62,39	85,67
LLO	134,55	-8,48	456,30	25,96	-21,88	223,30	537,11	24,95	119,32	218,39
ICAP	14,67	-0,61	11,65	15,78	-7,02	32,20	24,95	68,02	33,01	12,81
KIN	38,88	17,01	98,98	16,75	14,64	62,39	119,32	33,01	72,37	71,59
M&S	57,31	14,09	206,74	10,84	16,25	85,67	218,39	12,81	71,59	134,38

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.3 Korelační matice

	FTSE	B.A.T.	BAR	UNI	ITF	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
FTSE	1,00	0,27	0,88	0,58	0,08	0,92	0,86	0,26	0,68	0,74
B.A.T.	0,27	1,00	0,05	0,42	0,88	-0,01	-0,06	-0,01	0,33	0,20
BAR	0,88	0,05	1,00	0,29	-0,07	0,82	0,91	0,07	0,54	0,82
UNI	0,58	0,42	0,29	1,00	0,24	0,56	0,26	0,44	0,45	0,21
ITF	0,08	0,88	-0,07	0,24	1,00	-0,17	-0,14	-0,12	0,25	0,20
HAM	0,92	-0,01	0,82	0,56	-0,17	1,00	0,87	0,35	0,66	0,67
LLO	0,86	-0,06	0,91	0,26	-0,14	0,87	1,00	0,13	0,61	0,81
ICAP	0,26	-0,01	0,07	0,44	-0,12	0,35	0,13	1,00	0,47	0,13
KIN	0,68	0,33	0,54	0,45	0,25	0,66	0,61	0,47	1,00	0,73
M&S	0,74	0,20	0,82	0,21	0,20	0,67	0,81	0,13	0,73	1,00

Zdroj: vlastní zpracování

4.4 Pravděpodobnosti přechodu a míra návratnosti

Pro stanovení pravděpodobností přechodu mezi jednotlivými ratingovými kategoriemi jsou v této práci využity přechodové matice. Jako hlavní zdroj informací o historickém vývoji ratingového ohodnocení společností (dluhopisů) je zvolena agentura Standard & Poor's, která agreguje svá dlouhodobá pozorování do jediné přechodové matice, kterou každoročně aktualizuje. Pro účely měření kreditního rizika v této diplomové práci je využita poslední známá přechodová matice, která zachycuje období mezi lety 1981 a 2011. Pravděpodobnosti jsou uvedeny v procentním vyjádření.

Tab. 4.4 Zkrácená podoba přechodové matice společnosti Standard & Poor's

Rating	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	D
AAA	87,91	2,68	0,24	0,05	0,05	0,03	0,05	0
AA	0,47	80,61	1,41	0,14	0,04	0	0,05	0,02
A	0,05	0,28	77,72	1,15	0,15	0,03	0,02	0,09
BBB	0,01	0,07	0,48	74,23	0,83	0,17	0,09	0,23
BB	0	0,06	0,1	0,74	64,26	1,37	0,74	0,8
B	0	0,02	0,09	0,11	0,39	57,68	5,42	5,9
CCC/C	0	0	0	0,09	0,23	2,89	44,34	27,14

Zdroj: www.standardandpoors.com

Úplná verze přechodové matice, která zachycuje i jednotlivé ratingové mezistupně, je součástí Přílohy č. 3. Ani u kompletní matice však nelze po součtu pravděpodobností v kterémkoli řádku získat hodnotu 100 %, což je zapříčiněno vyřazením některých společností z pozorování. Tento fakt však není překážkou pro pozdější kalkulaci mezí přechodu, které jsou stanoveny z kumulovaných pravděpodobností.

Agentura Standard & Poor's sleduje vedle pravděpodobností přechodu i míry návratnosti v případě defaultních událostí. V kapitole 2.3.5 je uvedeno, že RR nejlépe zachycuje beta rozdělení s parametry α a β . Tyto parametry je možné dle vztahů (3.34) a (3.35) dopočítat. Je však zapotřebí znát historickou střední hodnotu a rozptyl (resp. směrodatnou odchylku) pro danou senioritu dluhopisů. Oba tyto údaje zachycuje následující tabulka.

Tab. 4.5 Střední hodnota a směrodatná odchylka pro různé seniority (1987 – 2011)

	Mean (%)	Standard deviation (%)
Senior secured bonds	68,9	39,2
Senior unsecured bonds	51,8	38,9
Senior subordinated bonds	34,5	37,7
All other subordinated bonds	28,5	37,6

Zdroj: www.standardandpoors.com

Všechny vybrané dluhopisy spadají do druhé ze skupin uvedených v Tab. 4.5. Po dosazení do rovnic proto nabývá parametr α hodnoty přibližně 0,337 a parametr β hodnoty 0,313.

4.5 Stanovení mezí přechodu

V portfoliu se nacházejí dluhopisy s celkem pěti různými výchozími ratingy. Na základě znalosti matice přechodu je možné pro tyto dluhopisy sestavit meze přechodu mezi jednotlivými ratingovými stupni, a to aplikací inverzní distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. Pro výpočet hraničních hodnot je využita funkce NORMSINV zakomponovaná v programu Microsoft Excel 2010.

Tab. 4.6 obsahuje kumulativní pravděpodobnosti, že náhodný výnos společnosti se ocitne v příslušné nebo nižší ratingové kategorii. Je z ní patrné, že například pravděpodobnost defaultu společnosti, jejíž výchozí rating je AAA, je na základě historicky pozorovaných dat nulová. V případě úplnosti vypořádaných dat by hodnoty v druhém řádku tabulky činily 1. Absence těchto dat tak vede k neúplnosti distribuční funkce, což však, jak již bylo uvedeno v kapitole 4.4, není překážkou pro stanovení výsledných mezí přechodu.

Tab. 4.6 Kumulativní pravděpodobnosti pro různé výchozí ratingy (%)

	AAA	A+	BBB+	BBB	BBB-
AAA	0,9674	0,9558	0,9423	0,9325	0,9277
AA+	0,0883	0,9558	0,9423	0,9324	0,9276
AA	0,0411	0,9547	0,9422	0,9323	0,9275
AA-	0,0143	0,9488	0,9415	0,9316	0,9274
A+	0,0075	0,9041	0,9406	0,9312	0,9267
A	0,0059	0,13	0,9375	0,9295	0,9260
A-	0,0035	0,0419	0,927	0,9247	0,9236
BBB+	0,0021	0,0163	0,8576	0,9123	0,9198
BBB	0,0021	0,0092	0,1261	0,8419	0,9060
BBB-	0,0016	0,0052	0,0375	0,0996	0,8200
BB+	0,0016	0,0043	0,0173	0,0366	0,1090
BB	0,0013	0,0034	0,0126	0,0204	0,0544
BB-	0,0008	0,0022	0,0086	0,0121	0,0285
B+	0,0008	0,0021	0,0069	0,0084	0,0181
B	0,0008	0,0012	0,0043	0,0053	0,0125
B-	0,0005	0,0008	0,0028	0,0036	0,0091
CCC/C	0,0005	0,0007	0,0026	0,0032	0,0069
D	0	0,0007	0,0016	0,0023	0,0038

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.7 obsahuje jak matematický zápis, tak i výsledné hodnoty směrodatných odchylek (vzhledem k nulové střední hodnotě) vymezující prahy přechodu mezi ratingy pro různé výchozí ratingové stupně.

Tab. 4.7 Prahy přechodu pro různé výchozí ratingy

Mez	Pravděpodobnost výskytu	AAA	A+	BBB+	BBB	BBB-
Z_{AAA+}	$\Phi(Z_{AAA+}/\sigma) - \Phi(Z_{AAA}/\sigma)$	-1,3513	1,7039	1,5744	1,4939	1,4581
Z_{AAA}	$\Phi(Z_{AAA}/\sigma) - \Phi(Z_{AAA-}/\sigma)$	-1,7381	1,6922	1,5735	1,4931	1,4574
Z_{AAA-}	$\Phi(Z_{AAA-}/\sigma) - \Phi(Z_{AA+}/\sigma)$	-2,1890	1,6333	1,5675	1,4878	1,4567
Z_{AA+}	$\Phi(Z_{AA+}/\sigma) - \Phi(Z_{AA}/\sigma)$	-2,4324	1,3053	1,5598	1,4848	1,4516
Z_{AA}	$\Phi(Z_{AA}/\sigma) - \Phi(Z_{AA-}/\sigma)$	-2,5181	-1,1264	1,5341	1,4721	1,4466
Z_{AA-}	$\Phi(Z_{AA-}/\sigma) - \Phi(Z_{BBB+}/\sigma)$	-2,6968	-1,7291	1,4538	1,4374	1,4297
Z_{BBB+}	$\Phi(Z_{BBB+}/\sigma) - \Phi(Z_{BBB}/\sigma)$	-2,8627	-2,1370	1,0696	1,3551	1,4037
Z_{BBB}	$\Phi(Z_{BBB}/\sigma) - \Phi(Z_{BBB-}/\sigma)$	-2,8627	-2,3575	-1,1450	1,0023	1,3165
Z_{BBB-}	$\Phi(Z_{BBB-}/\sigma) - \Phi(Z_{BB+}/\sigma)$	-2,9478	-2,5622	-1,7805	-1,2838	0,9154
Z_{BB+}	$\Phi(Z_{BB+}/\sigma) - \Phi(Z_{BB}/\sigma)$	-2,9478	-2,6276	-2,1130	-1,7916	-1,2319
Z_{BB}	$\Phi(Z_{BB}/\sigma) - \Phi(Z_{BB-}/\sigma)$	-3,0115	-2,7065	-2,2383	-2,0456	-1,6036
Z_{BB-}	$\Phi(Z_{BB-}/\sigma) - \Phi(Z_{B+}/\sigma)$	-3,1559	-2,8480	-2,3824	-2,2539	-1,9033
Z_{B+}	$\Phi(Z_{B+}/\sigma) - \Phi(Z_B/\sigma)$	-3,1559	-2,8627	-2,4624	-2,3911	-2,0947
Z_B	$\Phi(Z_B/\sigma) - \Phi(Z_{B-}/\sigma)$	-3,1559	-3,0357	-2,6276	-2,5556	-2,2414
Z_{BB-}	$\Phi(Z_{B-}/\sigma) - \Phi(Z_{CCC/C}/\sigma)$	-3,2905	-3,1559	-2,7703	-2,6874	-2,3615
$Z_{CCC/C}$	$\Phi(Z_{CCC/C}/\sigma) - \Phi(Z_D/\sigma)$	-3,2905	-3,1947	-2,7944	-2,7266	-2,4624
Z_D	$\Phi(Z_D/\sigma)$	-1000,0000	-3,1947	-2,9478	-2,8338	-2,6693

Zdroj: vlastní zpracování

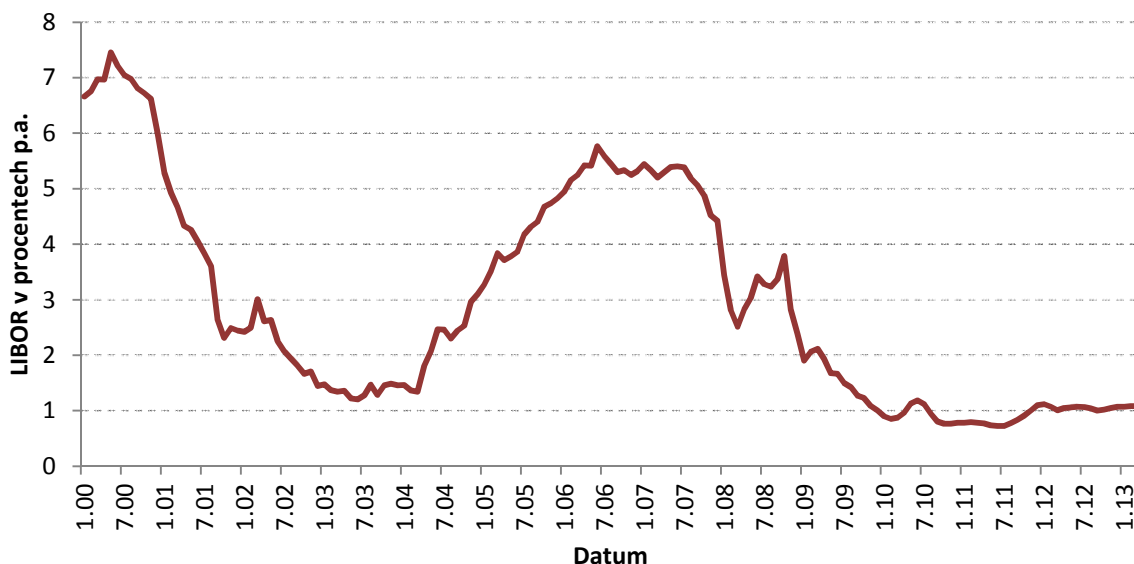
Pravděpodobnost defaultu v případě státních dluhopisů s počátečním ratingovým ohodnocením AAA je nulová. Z tohoto důvodu je hranice přechodu nastavena na hodnotu, jejíž výskyt je v případě normovaného normálního rozdělení vysoce nepravděpodobný, v tomto případě -1000. Stejně hraniční hodnoty pro více ratingů signalizují, že za historické období nedošlo k přechodu do kategorie, s níž horší ratingová kategorie hraniční hodnotu sdílí. Hodnoty v Tab. 4.7 představují vzdálenost od nulové střední hodnoty vyjádřenou počtem směrodatných odchylek. Pro normované normální rozdělení je rozptyl, a tudíž i směrodatná odchylka, roven jedné, proto je možné uvést pouze samotné hodnoty v podobě bezrozměrných čísel.

4.6 Odvození výnosových křivek

Ke konstrukci výnosových křivek je využit postup Andrea Restiho popsáný v kapitole 3.5.1. Pro dosažení do rovnice (3.22) je zapotřebí získat víceleté přechodové matice, bezrizikovou sazbu, příslušné pravděpodobnosti defaultu a míru návratnosti. Víceleté matice jsou dány umocněním jednoleté matice přechodu požadovaným exponentem a jsou obsaženy v Příloze č. 4. Pravděpodobnosti defaultu jsou součástí víceletých matic přechodu a nacházejí se v posledním sloupci každé matice. Míra návratnosti je pro všechny dluhopisy vzhledem k totožnosti jejich seniority stejná a činí 51,8 % (viz Tab. 4.5). Jako bezrizikovou sazbu je možné považovat dle Resti (1999) sazbu LIBOR, která je využita i v této práci, neboť se

jedná o nabídkovou úrokovou sazbu na londýnském mezibankovním trhu. Vývoj roční sazby LIBOR zachycuje následující obrázek.

Obr. 4.1 Vývoj sazby LIBOR od počátku roku 2000

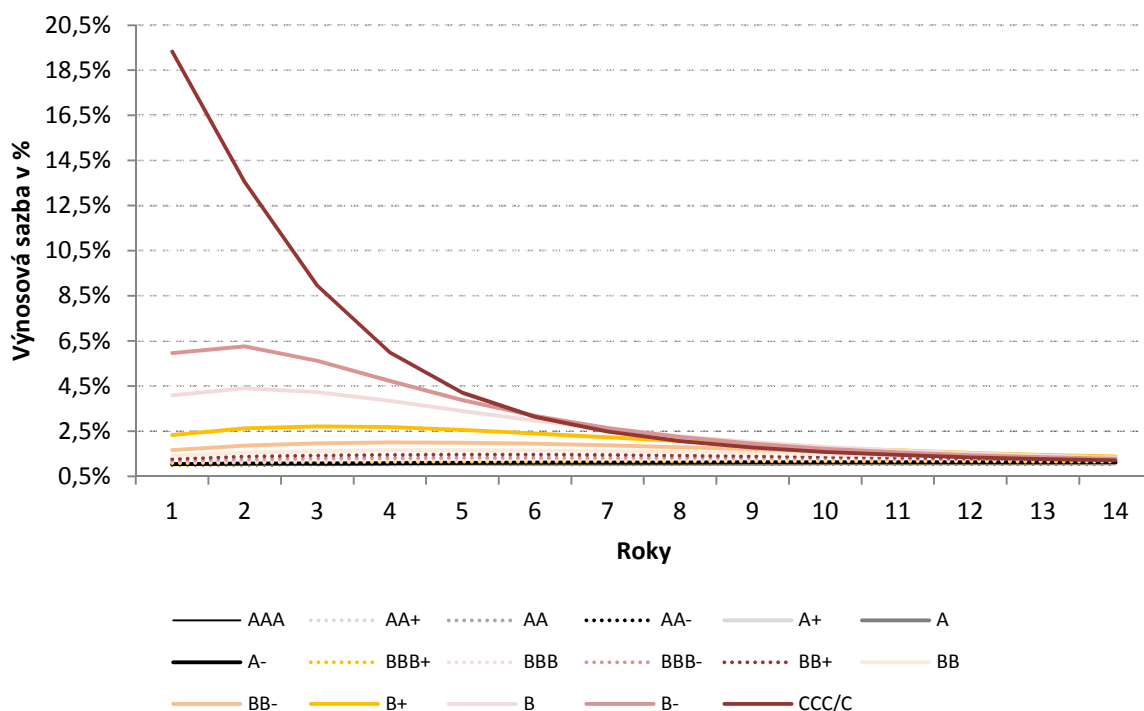


Zdroj: www.fedprimerate.com, vlastní úprava

Na Obr. 4.1 jsou vedle historických hodnot zachyceny i hodnoty predikované společností Financial Forecast Center (10/2012 – 9/2013). Vývoj grafu od roku 2009 jasně potvrzuje nastolení expanzivní monetární politiky centrálních bank. Hodnota úrokové sazby LIBOR na úrovni jednoho procenta je vůbec nejnižší za celou dobu jejího trvání. Existuje celá řada zdrojů uvádějících období, v nichž by mělo dojít k opětovnému nastolení rostoucího trendu světové ekonomiky. Stejně tak lze však najít i značné množství opačných předpovědí. Na základě nejednotnosti pohledu na budoucí ekonomický vývoj a omezenosti predikčního aparátu na poměrně krátká období je v této práci předpokládáno, že roční úroková sazba LIBOR zůstane pro účely stanovení spotových a následně forwardových výnosových křivek na současné úrovni jednoho procenta.

Znalost všech potřebných informací umožňuje na základě rovnice (3.22) stanovit výnosové křivky pro dluhopisy s jakoukoliv splatností a ratingem. Hodnoty forwardových výnosových křivek jsou obsaženy v Příloze č. 5. Podobu výnosových křivek zachycuje Obr. 4.2, ze kterého je patrné, že se zvyšujícím se počtem let postupně klesá marginální vliv každého dalšího roku na pravděpodobnost defaultu. Vzhledem ke stacionaritě přechodových matic je možné, aby byly výnosové křivky z nich odvezené platné pro roční období začínající vždy 21. 9. a končící 20. 9. následujícího roku, což je časový horizont zvolený pro tuto práci.

Obr. 4.2 Forwardové výnosové křivky pro různé ratingové kategorie



Zdroj: vlastní zpracování

4.7 Ocenění dluhopisů

Jelikož jsou známy všechny potřebné informace, je možné přikročit ke stanovení hodnot dluhopisů pro každou ratingovou kategorii. Aplikací vztahu (3.28) jsou dopočteny konečné hodnoty. Ty zachycuje následující tabulka, a to pro každý dluhopis a ratingovou kategorii. V Tab. 4.8 nejsou obsaženy hodnoty pro případ defaultu, a to kvůli proměnlivosti míry návratnosti. Hodnoty dluhopisů klesají se snižující se kvalitou ratingu. Výjimku představují hodnoty u ratingu AA+, které narušují klesající trend. Za příčinu lze považovat strukturu matice přechodu, která nenaplnuje požadavky monotónnosti, a na jejímž základě jsou stanoveny výnosové křivky použité pro finální ocenění. Všechny hodnoty jsou stanoveny na základě využití evropského standardu 30E/360, podle kterého má rok 360 dnů a měsíc 30 dnů.

Tab. 4.8 Hodnoty jednotlivých dluhopisů (v GBP)

	FTSE	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
AAA	122,21	1434,88	1629,86	2392,42	1376,44	167,22	1140,47	1274,94	1155,98	110,74
AA+	122,22	1435,09	1629,51	2392,82	1376,66	167,19	1140,59	1275,15	1156,06	110,74
AA	122,10	1433,83	1627,05	2391,36	1375,62	166,95	1140,22	1274,20	1155,83	110,73
AA-	122,04	1433,29	1625,71	2390,83	1375,19	166,82	1140,10	1273,83	1155,76	110,73
A+	121,96	1432,52	1623,71	2390,00	1374,58	166,63	1139,88	1273,27	1155,62	110,72
A	121,83	1431,28	1620,65	2388,74	1373,60	166,34	1139,59	1272,40	1155,45	110,72
A-	121,70	1430,16	1617,66	2387,77	1372,75	166,05	1139,43	1271,66	1155,37	110,71
BBB+	121,34	1426,58	1610,33	2383,80	1369,82	165,34	1138,45	1269,01	1154,77	110,69
BBB	121,00	1423,41	1603,52	2380,52	1367,29	164,68	1137,69	1266,75	1154,32	110,67
BBB-	120,12	1414,68	1587,50	2370,59	1360,04	163,11	1135,26	1260,18	1152,86	110,61
BB+	119,20	1405,59	1571,88	2360,10	1352,43	161,57	1132,68	1253,28	1151,31	110,55
BB	117,87	1392,33	1549,00	2344,81	1341,34	159,31	1128,92	1243,22	1149,05	110,46
BB-	115,76	1371,16	1515,47	2319,27	1323,32	155,99	1122,42	1226,75	1145,11	110,31
B+	111,87	1330,87	1459,34	2265,46	1287,72	150,41	1107,30	1193,74	1135,61	109,92
B	105,66	1264,31	1377,95	2164,89	1226,28	142,29	1075,34	1135,75	1114,64	109,03
B-	101,08	1213,69	1321,72	2079,14	1177,71	136,68	1044,60	1089,13	1093,57	108,11
CCC/C	86,68	1100,06	1188,38	1863,94	1066,89	123,72	951,11	979,19	1023,07	104,78

Zdroj: vlastní zpracování

4.8 Simulace hodnoty dluhopisů a stanovení kreditního rizika

V této kapitole je provedena simulace Monte Carlo, pomocí které je možné stanovit kreditní riziko analyzovaného portfolia. Riziko je stanoveno pro dva různé typy portfolia. První portfolio (portfolio A) je sestaveno z deseti kusů obligací (od každého emitenta jedna) o nominální hodnotě zachycené v Tab. 4.1. Toto portfolio tak umožňuje ohodnotit podíl každého samostatného aktiva na celkovém riziku. V druhém portfoliu (portfolio B) jsou rovněž zastoupeny všechny dluhopisy, avšak s tím rozdílem, že do každého je investována finanční částka v maximální výši 10 000 GBP. Tímto způsobem je vyloučena nevýhoda velké expozice u dluhopisů s vysokou nominální hodnotou, které v konečném důsledku nemusí představovat hlavní zdroj rizika sestaveného portfolia. Investice konkrétní finanční částky je navíc v praxi mnohem čtenější případ než záměr zakoupit vybraný počet kusů finančního instrumentu.

4.8.1 Simulace korelovaných výnosů a rozdělení hodnot portfolia

Pro nalezení hodnot dluhopisů a výsledného rozdělení hodnot portfolia je zapotřebí provést simulaci Monte Carlo. Jejím výsledkem je 10 000 scénářů různých výnosů z normovaného normálního rozdělení. Výsledky provedené simulace jsou součástí Přílohy č. 6. Vzhledem k existenci korelací mezi jednotlivými emitenty je však nutné simulovat výnosy s ohledem na tyto závislosti, čehož je docíleno využitím Choleskeho

matice. Ta je sestavena z normovaných kovariancí a její finální podobu zachycuje následující tabulka.

Tab. 4.9 Choleskeho matice

	FTSE	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
FTSE	1,000	0,267	0,883	0,579	0,079	0,917	0,864	0,265	0,680	0,736
B.A.T.	0	0,964	-0,190	0,274	0,894	-0,260	-0,302	-0,086	0,152	0,003
BAR	0	0	0,428	-0,384	0,075	-0,089	0,205	-0,432	-0,082	0,405
UNI	0	0	0	0,665	-0,031	0,095	-0,122	0,215	-0,023	-0,085
I.T.F	0	0	0	0	0,434	0,000	0,104	-0,065	0,150	0,251
HAM	0	0	0	0	0	0,273	0,104	0,104	0,265	0,135
LLO	0	0	0	0	0	0	0,289	-0,046	0,118	0,153
ICAP	0	0	0	0	0	0	0	0,820	0,318	0,173
KIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0,547	0,201
M&S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,335

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě rovnice (3.23), tedy po vynásobení matice normovaných normálních výnosů a Choleskeho matice, jsou získány scénáře zachycující korelované výnosy z normovaného normálního rozdělení, jejichž hodnoty jsou obsaženy v Příloze č. 7.

V dalším kroku jsou jednotlivým výnosům přiřazena ratingová ohodnocení, a to s ohledem na výchozí ratingový stupeň dluhopisu. Konkrétní meze přechodu jsou zachyceny v Tab. 4.7 a finální ratingy pro všechny scénáře jsou obsaženy v Příloze č. 8. Pro přiřazení je využita funkce VVYHLEDAT, jež je součástí programu Microsoft Excel 2010.

Jelikož jsou známy hodnoty dluhopisů pro všechny ratingové kategorie (Tab. 4.8), je dalším logickým krokem přiřazení těchto hodnot výsledným ratingům (Příloha č. 9).

Součtem hodnot jednotlivých dluhopisů by bylo získáno rozdělení hodnot portfolia A. Toto by však ještě nezachycovalo proměnlivý charakter míry návratnosti. Její nestálost je v této práci vyřešena simulací hodnot z beta rozdělení. Ta je provedena s využitím simulace hodnot z normálního rozdělení, které společně s parametry α a β (viz 4.4) představují vstupy funkce BETAINV, jejímž výsledkem jsou právě hodnoty z beta rozdělení. Hodnota dluhopisu v případě defaultu potom odpovídá součinu simulované míry návratnosti a nominální hodnoty dluhopisu.

Tímto jsou získány konečné hodnoty portfolia, které jsou zachyceny v Příloze č. 11. Hodnoty portfolia, u kterého je investováno 10 000 GBP do každého z dluhopisů, jsou potom obsaženy v Příloze č. 12. Jelikož nesmí být překročen limit 10 000 GBP a zároveň není

možné investovat do podílů, nebude finanční limit ve výši celkových 100 000 GBP zcela vyčerpán.

Rozdělení hodnot a jednotlivé charakteristiky zachycující míru rizika jsou popsány v následující kapitole.

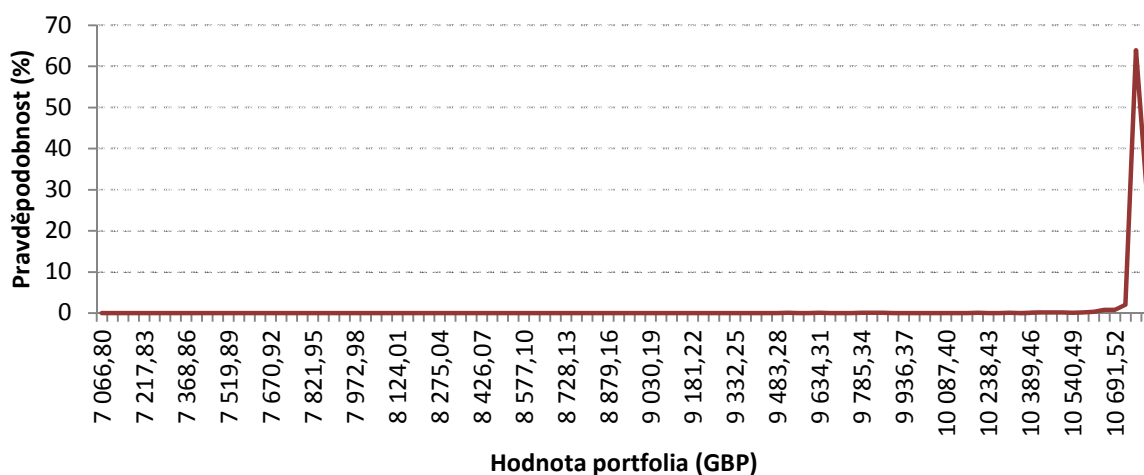
4.8.2 Stanovení kreditního rizika

Kreditní riziko je v této kapitole popsáno zvlášť pro každý typ portfolia, a to vždy s využitím grafického aparátu, směrodatné odchylky a výše tří kvantilů, pomocí kterých je možné stanovit i ekonomický kapitál, což je množství finančních prostředků nutných ke krytí neočekávaných ztrát.

4.8.2.1 Kreditní riziko portfolia A

Obr. 4.3 zachycuje rozdělení hodnot portfolia. Je z něj patrné, že toto rozdělení je charakteristické těžkým koncem, který je pro kreditní riziko typický a představuje velice malou pravděpodobnost poměrně značných ztrát. Nejnižší možná hodnota portfolia činí 7 033,80 GBP, maximální hodnota 10 804,79 GBP. S největší pravděpodobností ve výši 63,93 % bude hodnota portfolia v intervalu 10 729,28 GBP až 10 767,03 GBP.

Obr. 4.3 Rozdělení hodnot portfolia A

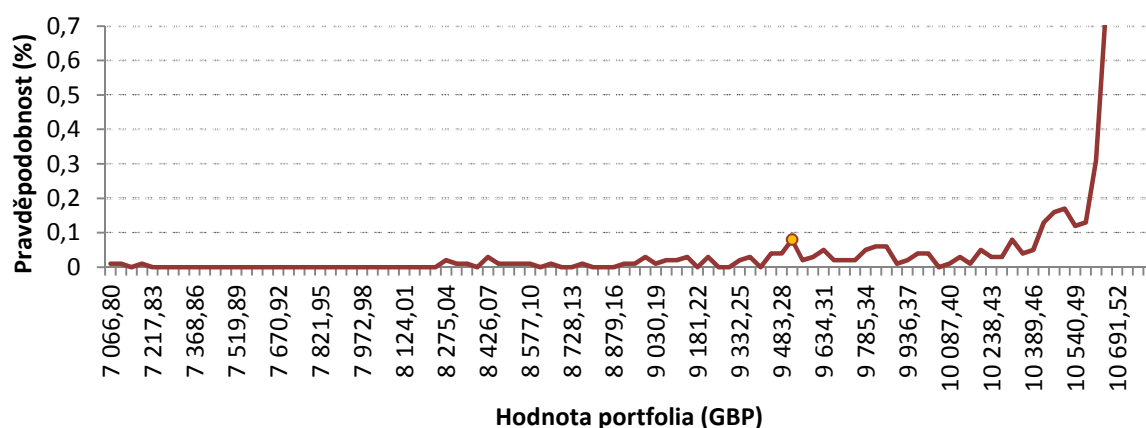


Zdroj: vlastní zpracování

Pro detailnější analýzu je vhodné zaměřit pozornost na hodnoty s nižší pravděpodobností výskytu. Pro tento účel zachycuje Obr. 4.4 stejný graf, avšak se stokrát nižším měřítkem na vertikální ose. Nízké hodnoty portfolia jsou dány přesunem většího množství dluhopisů do horších ratingových kategorií, nebo přímo defaultem některých

obligací. Například žlutooranžový bod na obrázku znázorňuje interval od 9 483,28 GBP do 9 521,04 GBP, ve kterém dochází v sedmi případech k defaultu jednoho dluhopisu a v jednom případě k současnému defaultu dvou dluhopisů. Nejnižší hodnoty nabývá portfolio v případě, kdy defaultuje celých sedm obligací z deseti. V tomto případě dochází rovněž k přesunu původně nejlépe hodnoceného dluhopisu britské vlády do ratingové kategorie CCC/C.

Obr. 4.4 Rozdělení hodnot portfolia A (hodnoty s nízkou pravděpodobností)



Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.10 zachycuje hlavní veličiny vyjadřující kreditní riziko portfolia. Očekávaná ztráta odpovídá rozdílu mezi hodnotou portfolia v případě, kdy se žádný z dluhopisů nepřesune ze své výchozí ratingové kategorie do jiné, a očekávanou hodnotou portfolia. V případě prvního z portfolií činí očekávaná ztráta 20,36 GBP, což není vzhledem k hodnotě celkového portfolia významná částka (0,19 %). Ani hodnoty prvního a pátého percentilu nepředstavují významné ztráty. Ty je možné vyjádřit ekonomickým kapitálem, který představuje rozdíl mezi očekávanou hodnotou portfolia a hodnotou příslušného percentilu. Hodnota ekonomického kapitálu pro první percentil činí 5,92 % očekávané střední hodnoty, což je ve své podstatě procentní vyjádření hodnoty Value at Risk na 1% hladině významnosti. Další možná interpretace proto zní tak, že s 99% pravděpodobností nebude ztráta (ve srovnání s očekávanou hodnotou) vyšší než 5,92 %, resp. 635,76 GBP. Oproti prvnímu percentilu představuje hodnota 0,1% kvantilu poměrně značný nárůst ztráty. Ekonomický kapitál představuje v tomto případě již 21,62 % očekávané hodnoty portfolia, a je tak důkazem existence těžkých konců charakteristických pro kreditní riziko. Opětovně lze říci, že s 99,9% pravděpodobností nepřesáhne ztráta (ve srovnání s očekávanou hodnotou) částku 2 323,16 GBP.

Tab. 4.10 Hodnoty veličin portfolia A (GBP)

Hodnota při výchozím ratingu	10 764,56		
Očekávaná hodnota	10 744,20		
Očekávaná ztráta	20,36		
Očekávaná ztráta (%)	0,19		
Směrodatná odchylka	158,74		
Kvantil	0,1%	1%	5%
	8 421,04	10 108,44	10 720,32
Ekonomický kapitál	2 323,16	635,76	23,88
Ekonomický kapitál (%)	21,62	5,92	0,22

Zdroj: vlastní zpracování

Každý z dluhopisů se na celkovém riziku podílí odlišnou měrou. Pro tento účel je proto kalkulováno marginální riziko, které pro konkrétní dluhopis odpovídá rozdílu směrodatné odchylky celkového portfolia a směrodatné odchylky portfolia neobsahujícího daný dluhopis. Marginální riziko dluhopisu v portfoliu by mělo být nižší než riziko samostatně stojícího aktiva, a to kvůli diversifikačnímu efektu. Jestli tomu tak skutečně je, lze vyčíst z následující tabulky, která sumarizuje výsledky pro portfolio A.

Tab. 4.11 Marginální riziko jednotlivých obligací (portfolio A)

Dluhopis	Výchozí rating	Expozice (GBP)	σ samotného aktiva (GBP)	σ samotného aktiva (%)	Marginální σ (GBP)	Marginální σ (%)	Δ (%)
FTSE	AAA	117,70	0,85	0,70	0,29	0,24	-66,16
B.A.T.	BBB+	1249,00	51,82	3,64	21,94	1,54	-57,66
BAR	A+	997,40	36,24	2,23	12,73	0,78	-64,87
UNI	A+	2312,00	50,89	2,13	17,82	0,75	-64,98
I.T.F	BBB	1196,00	60,04	4,40	20,77	1,52	-65,41
HAM	BBB	119,20	6,90	4,20	1,53	0,93	-77,83
LLO	A+	1060,00	20,21	1,77	5,83	0,51	-71,14
ICAP	BBB	1024,00	37,86	2,99	10,97	0,87	-71,01
KIN	BBB-	1076,00	59,08	5,14	15,59	1,36	-73,62
M&S	BBB-	105,30	5,24	4,75	1,31	1,19	-74,99

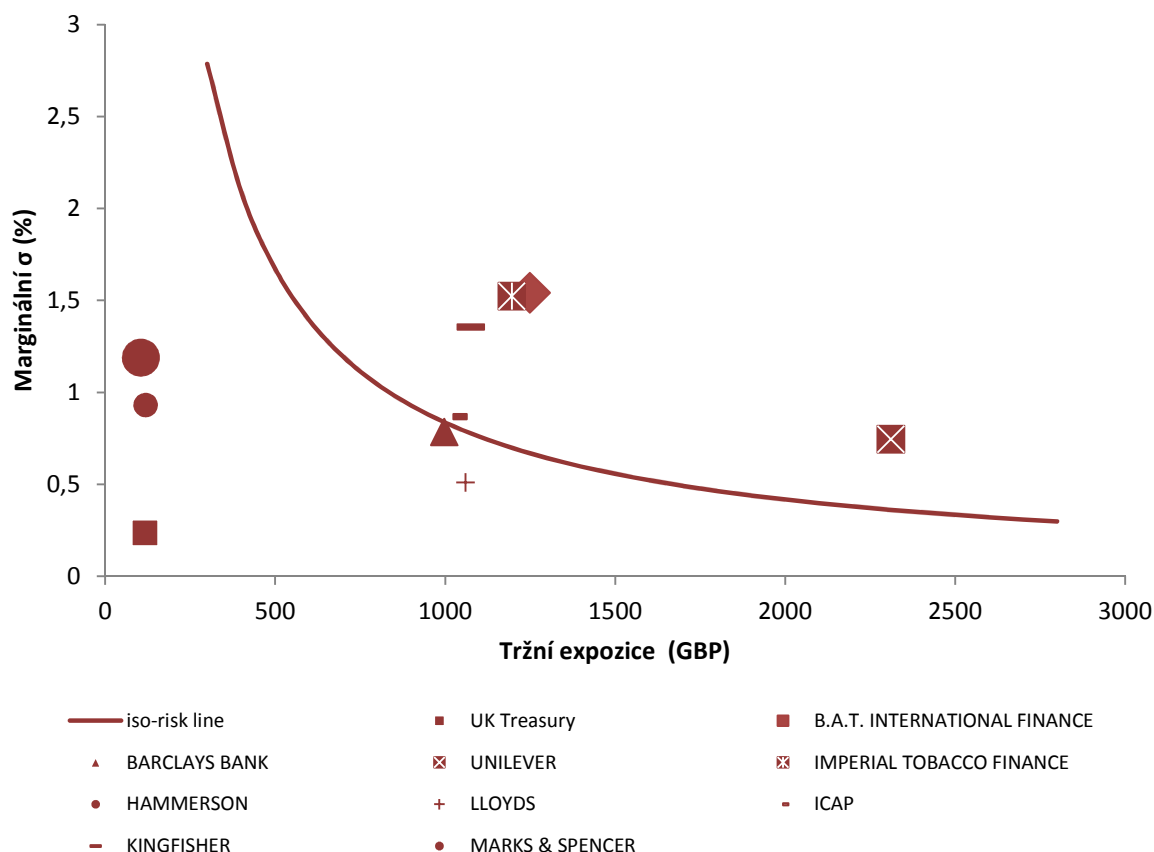
Zdroj: vlastní zpracování

Tržní expozice odpovídá součinu nominální hodnoty dluhopisu a jeho kurzu k 21. 9. 2012. Směrodatná odchylka samotného aktiva představuje hodnoty v případě, kdy se daný dluhopis nestává součástí žádného portfolia, čímž se na jeho výsledných hodnotách neprojeví efekt diversifikace. Marginální směrodatná odchylka je stanovena podle postupu popsaného výše. Relativní hodnoty potom odpovídají podílu směrodatné odchylky a příslušné střední hodnoty. Z Tab. 4.11 je zřejmé, že efekt diversifikace je značný, protože ve všech

případech dochází ke snížení rizika. Poslední sloupec tabulky uvádí toto snížení v procentním vyjádření.

Výsledky obsažené v Tab. 4.11 lze pro větší přehlednost zobrazit v grafické podobě, kde na horizontální ose je tržní expozice a na vertikální ose marginální směrodatná odchylka v relativním vyjádření.

Obr. 4.5 Grafické vyjádření marginálního rizika portfolia A



Zdroj: vlastní zpracování

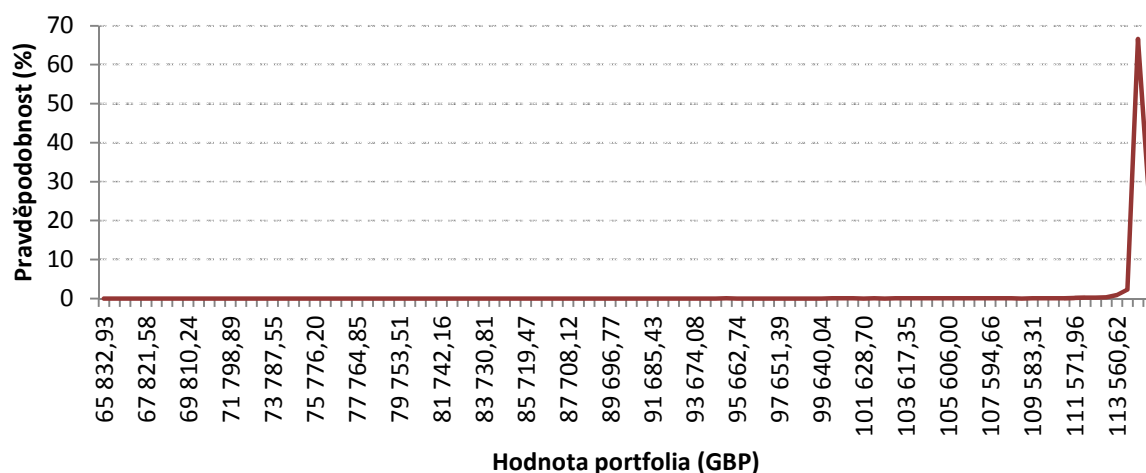
Obr. 4.5 obsahuje vedle bodů, jejichž souřadnice odpovídají příslušným expozicím a marginálním směrodatným odchylkám, i křivku, jež je tvořena body se stejnou úrovní absolutního marginálního rizika (součin expozice a relativní marginální směrodatné odchylky). Výše tohoto rizika je stanovena na úrovni mediánu absolutních marginálních rizik jednotlivých dluhopisů, který činí 8,359 GBP. Všechny obligace, které se nacházejí pod linií, jsou podle výsledků metodologie CreditMetrics méně rizikové než obligace nad touto křivkou. Z obrázku je zřejmé, že vybrané portfolio je tvořeno dluhopisy, které k celkovému riziku portfolia přispívají různou měrou. Dluhopis společnosti Unilever se nachází nad křivkou především kvůli své nominální hodnotě, která je příčinou nadměrné expozice

ve srovnání s ostatními dluhopisy. Obligace firem Kingfisher, Imperial Tobacco Finance a B. A. T. International Finance se na obrázku nacházejí těsně u sebe kvůli expozici i míře rizika, které jsou v jejich případě velice podobné. Pokud by společnosti Marks & Spencer a Hammerson emitovaly dluhopisy s vyššími nominálními hodnotami, pak by se i tyto mohly nacházet nad hraniční přímkou. Jednoznačně nejnižší absolutní míra rizika je spojena s investicí do dluhopisu britské vlády, jehož relativní marginální směrodatná odchylka dosahuje pouhých 0,26 %. Že jsou státní dluhopisy považovány za nejbezpečnější finanční instrument, je proto potvrzeno i na v této práci vybraném portfoliu.

4.8.2.2 Kreditní riziko portfolia B

Obr. 4.6 zachycuje rozdělení hodnot pro portfolio B. Na první pohled se od portfolia A téměř neliší, rozdíl je však především v hodnotách portfolia znázorněných na horizontální ose, což je dáno větším objemem investovaných finančních prostředků. Rozdělení hodnot tohoto portfolia je rovněž charakteristické těžkým koncem. Nejnižší hodnota činí 65 832,93 GBP, nejvyšší 115 052,11 GBP a s největší pravděpodobností (66,60 %) se bude hodnota portfolia nacházet v intervalu 114 057,78 GBP až 114 554,94 GBP.

Obr. 4.6 Rozdělení hodnot portfolia B

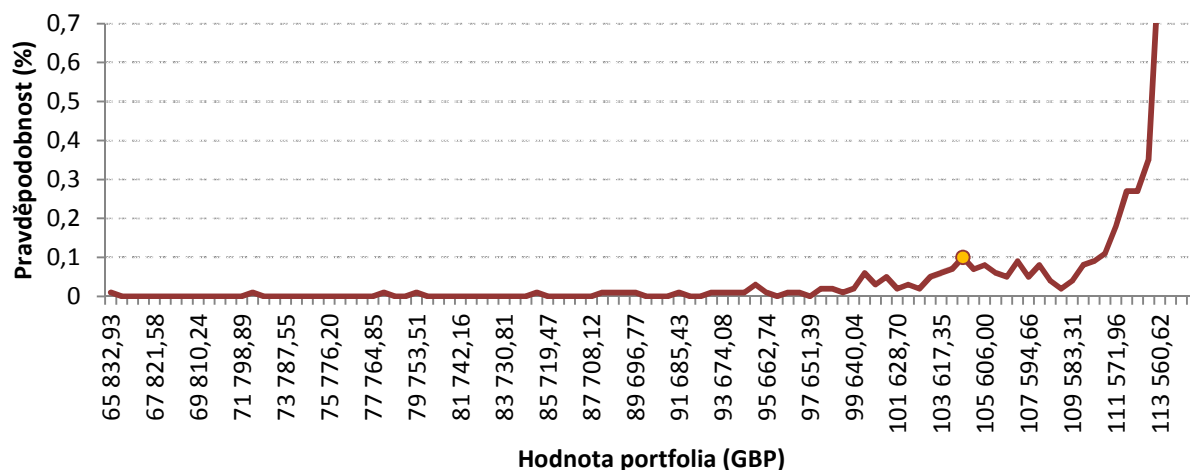


Zdroj: vlastní zpracování

Stejně jako v případě portfolia A, je i u tohoto vhodné snížit měřítko na vertikální ose grafu. Stonásobné snížení opětovně umožňuje lépe posoudit vývoj hodnot, jež nastávají s nižší pravděpodobností. Bod znázorněný žlutooranžovou barvou představuje situaci, ve které se hodnota portfolia pohybuje v intervalu 104 114,51 GBP až 104 611,68 GBP. Takovýchto situací nastane 10, což představuje pravděpodobnost 0,1 %. Všechny tyto

hodnoty jsou spojeny s defaultem jednoho z dluhopisů, přičemž nejčastěji se jedná o dluhopisy společností Kingfisher a Marks & Spencer, které defaultují ve vymezeném intervalu každý třikrát.

Obr. 4.7 Rozdělení hodnot portfolia B (hodnoty s nízkou pravděpodobností)



Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.12 zachycuje hodnoty veličin pro druhé z vybraných portfolií. Velikost očekávané ztráty představuje stejný procentuální podíl na hodnotě při výchozím ratingu jako v případě portfolia A a činí 0,19 %. Hodnota 0,1% kvantilu je opětovně důkazem existence těžkého konce, neboť je spojena s výší ekonomického kapitálu o hodnotě 22 627,65 GBP (19,80 % očekávané hodnoty). S 99% pravděpodobností nebude neočekávaná ztráta vyšší než 8 018,92 GBP a s 95% pravděpodobností potom tato ztráta nepřesáhne 0,32 % očekávané hodnoty.

Tab. 4.12 Hodnoty veličin portfolia B (GBP)

Hodnota při výchozím ratingu	114 514,93		
Očekávaná hodnota	114 298,03		
Očekávaná ztráta	216,90		
Očekávaná ztráta (%)	0,19		
Směrodatná odchylka	1679,42		
Kvantil	0,1%	1%	5%
	91 670,38	106 279,11	113 932,65
Ekonomický kapitál	22 627,65	8 018,92	365,38
Ekonomický kapitál (%)	19,80	7,02	0,32

Zdroj: vlastní zpracování

Následující tabulka obsahuje údaje popisující marginální riziko pro každý z dluhopisů v případě portfolia B.

Tab. 4.13 Marginální riziko jednotlivých obligací (portfolio B)

Dluhopis	Výchozí rating	Expozice (GBP)	σ samotného aktiva (GBP)	σ samotného aktiva (%)	Marginální σ (GBP)	Marginální σ (%)	Δ (%)
FTSE	AAA	9886,80	71,68	0,70	33,40	0,33	-53,41
B.A.T.	BBB+	9992,00	414,53	3,64	130,81	1,15	-68,44
BAR	A+	9974,00	362,40	2,23	183,73	1,13	-49,30
UNI	A+	9248,00	203,58	2,13	38,01	0,40	-81,32
I.T.F	BBB	9568,00	480,30	4,40	121,48	1,11	-74,71
HAM	BBB	9893,60	572,44	4,20	213,51	1,57	-62,72
LLO	A+	9540,00	181,92	1,77	79,08	0,77	-56,53
ICAP	BBB	9216,00	340,76	2,99	100,59	0,88	-70,46
KIN	BBB-	9684,00	531,72	5,14	180,05	1,74	-66,15
M&S	BBB-	9898,20	492,45	4,75	208,19	2,01	-57,74

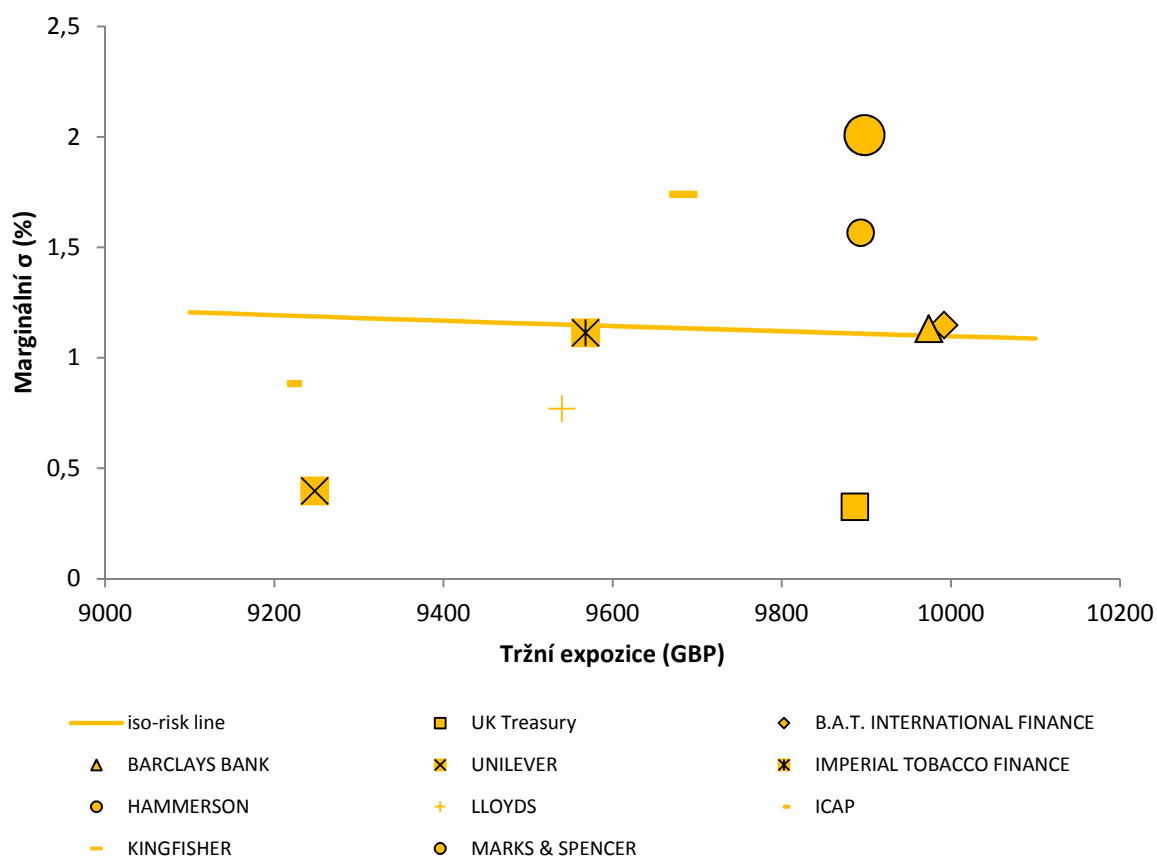
Zdroj: vlastní zpracování

Počet nakupovaných dluhopisů v případě stanovení maximální možné částky určené k investici do daného aktiva (10 000 GBP) odpovídá podílu této částky a tržní hodnoty daného aktiva. Tento podíl je navíc zapotřebí zaokrouhlit na celé číslo směrem dolů, neboť není možné investovat do poměrné části obligace. Výsledné hodnoty expozice se nacházejí v třetím sloupci Tab. 4.13 a jejich hodnota je dána součinem tržní expozice samostatného aktiva a počtu nakoupených dluhopisů. I v případě druhého portfolia je patrné, že marginální riziko každého aktiva v portfoliu je podstatně nižší než riziko samostatně stojícího aktiva. Procentní pokles rizika každého aktiva opět zachycuje poslední sloupec tabulky. Obr. 4.8 zachycuje výsledky obsažené v Tab. 4.13 v grafické podobě.

Iso-risk line v Obr. 4.8 spojuje body s absolutním marginálním rizikem ve výši 109,766 GBP, což je opětovně medián absolutních marginálních rizik jednotlivých obligací. Vzhledem ke skutečnosti, že do každého z dluhopisů je investován podobný objem finančních prostředků, oscilují všechny body reprezentující vybrané rizikové charakteristiky okolo plošší části iso-risk line. Na rizikovost daného aktiva má proto vliv především úroveň marginálního rizika. Nejnižší absolutní marginální riziko ve výši 32,173 GBP je spojeno s investicí do dluhopisů britské vlády, naopak nejvyšší s nákupem dluhopisů společnosti Marks & Spencer (198,722 GBP). Velice nízkou měrou absolutního marginálního rizika se v rámci vybraného portfolia vyznačují dluhopisy společnosti Unilever. Hodnota 36,808 GBP představuje méně než třetinu absolutního marginálního rizika dluhopisů společnosti Barclays,

kteře mají stejné výchozí ratingové ohodnocení. Důvodem této nízké hodnoty může být široké portfolio výrobků s relativně nízkou cenovou elasticitou poptávky a dobrým jménem na trhu. O bezpečnosti investice do dluhopisů společnosti Unilever svědčí i výše kupónové sazby, která je z vybraného portfolio druhá nejnižší (4,75 % p.a.). Nízkým podílem na celkovém riziku dále přispívají obligace společností ICAP a Lloyds. Za mnohem rizikovější lze potom vedle dluhopisů společnosti Marks & Spencer považovat dluhopisy podniků Hammerson a Kingfisher. U společnosti Kingfisher je důvodem především špatné ratingové ohodnocení, které se projevuje ve větší četnosti nižších výsledných hodnot. Za příčinu vysokého rizika v případě obligací firmy Hammerson lze považovat kombinaci špatného ratingového ohodnocení, dlouhé doby splatnosti a míry korelace s ostatními dluhopisy, která je např. ve srovnání se společností Imperial Tobacco Finance, jež má stejné ratingové ohodnocení, v řadě případů několikanásobně vyšší.

Obr. 4.8 Grafické vyjádření marginálního rizika portfolia B



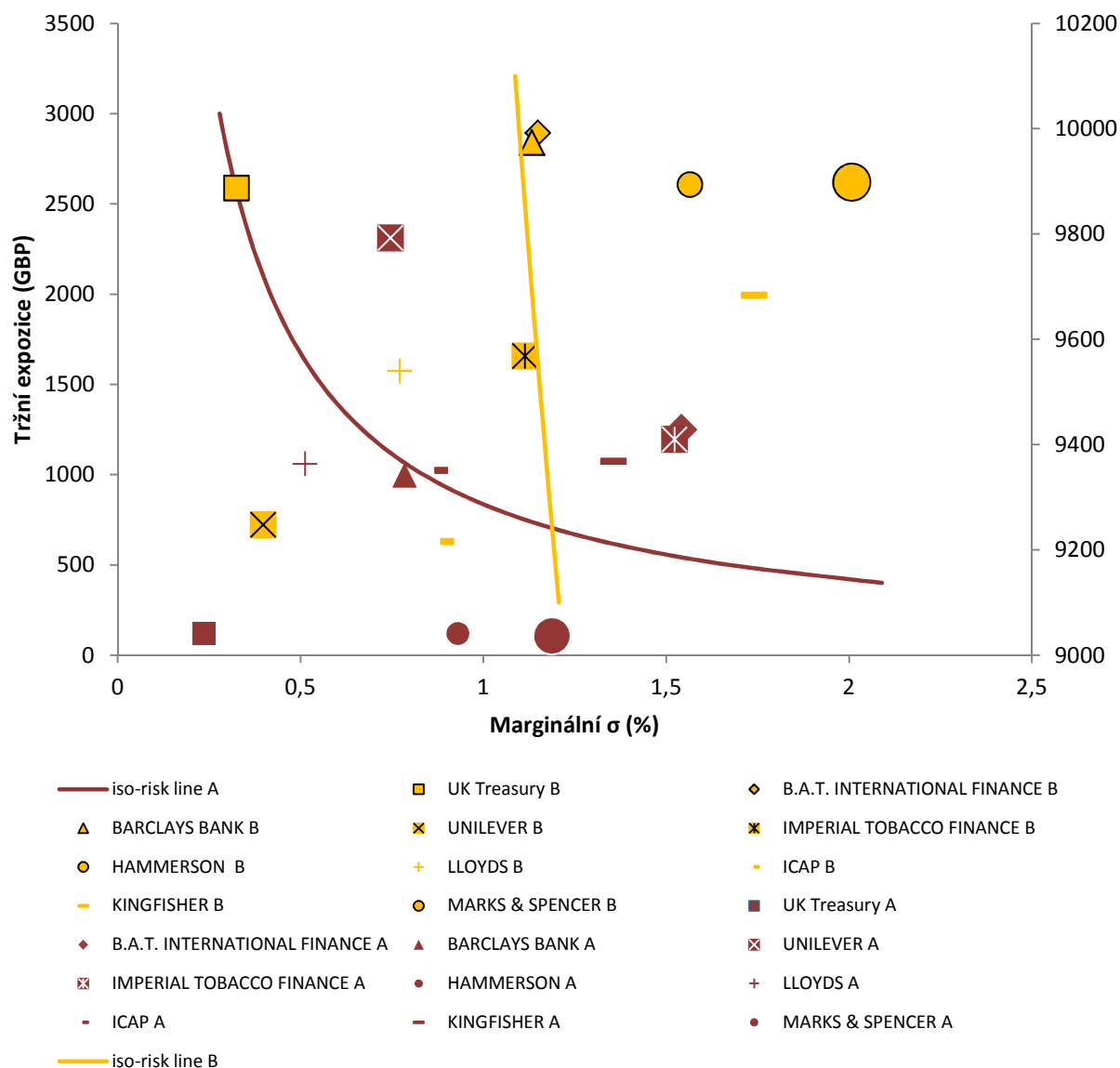
Zdroj: vlastní zpracování

4.9 Srovnání sestavených portfolií

V předcházejících kapitolách jsou popsány charakteristiky kreditního rizika dvou portfolií sestávajících ze stejných obligací, avšak v různém množství. Pro účely porovnání rizikovosti jednotlivých aktiv v případě obou portfolií zachycuje Obr. 4.9 relativní marginální riziko a tržní expozici každého z dluhopisů pro portfolio A i B. Vzhledem k různé míře tržní expozice jsou v přiloženém grafu prohozeny osy, z čehož vyplývá, že větší absolutní míra rizika je spojena s investicemi do obligací nacházejících se od příslušných rizikových křivek co nejvíce napravo.

Z Obr. 4.9 vyplývá, že v případě investice rovnoměrného množství finančních prostředků do vybraných obligací dochází ke změně absolutních marginálních rizik některých z těchto obligací. Nadále platí, že obligace britské vlády je charakteristická nejmenší mírou absolutního rizika nebo že dluhopisy společnosti Barclays zůstávají se svou rizikovostí na úrovni mediánu celého portfolia. Naprosto zásadní je však změna marginálního rizika v případě společnosti Marks & Spencer. Zatímco v případě individuální investice je tento dluhopis považován za v pořadí třetí nejbezpečnější, ve chvíli zakoupení většího množství obligací se stává hlavní rizikovou složkou sestaveného portfolia. Příčinou popsané skutečnosti je nízká nominální hodnota dluhopisu, která potlačuje v případě individuálních investic vliv vysoké hodnoty relativního marginálního rizika. Naprosto opačná je situace dluhopisu společnosti Unilever, který se v případě individuálních nákupů řadil mezi ty více rizikové pouze kvůli své vysoké nominální hodnotě. Stejná výše investované částky tak umožňuje i graficky zachytit nízkou hodnotu relativního marginálního rizika. K přesunu z jedné strany ohrazené křivkou se stejnou hodnotou absolutního rizika na druhou dochází ještě u obligací společností ICAP, Imperial Tobacco Finance, Hammerson a Barclays.

Obr. 4.9 Porovnání rizikovosti sestavených portfolií

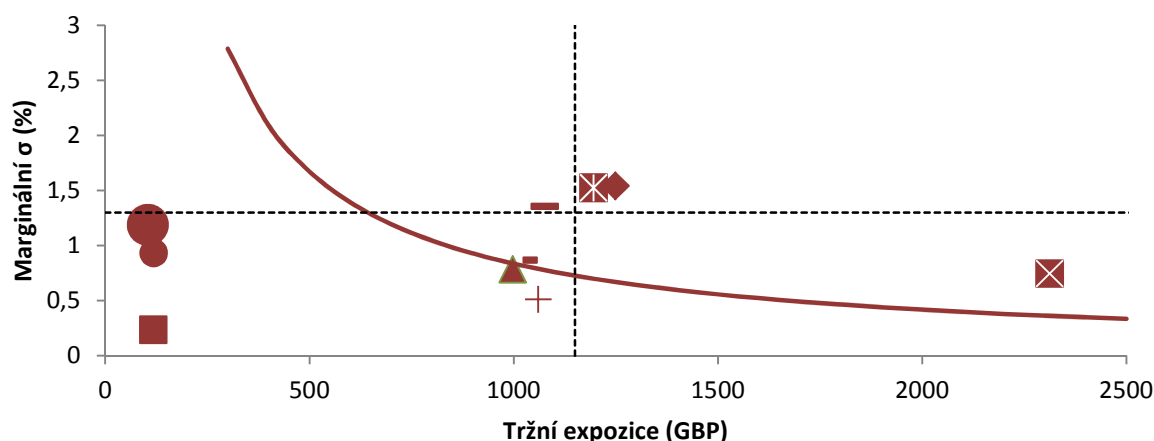


Zdroj: vlastní zpracování

4.10 Nastavení limitů

Je-li stanoveno kreditní riziko jednotlivých obligací v sestaveném portfoliu, je možné přistoupit k opatřením, jež vedou ke snížení rizikovosti nesplacení dlužné částky ze strany emitentů. Takováto opatření mohou být dvojího druhu. Prvním je nastavení limitů na rizikovost daného aktiva, tím druhým potom nastavení limitů na expozici. V praxi bývá nejčastěji využívána kombinace obou limitů. Určení jejich konkrétní výše je předmětem činnosti rizikových manažerů, vlastníků či investorů. Graficky je použití těchto limitů zachyceno na následujícím obrázku, a to pro portfolio A.

Obr. 4.10 Limity rizika pro vybrané portfolio



Zdroj: vlastní zpracování

Do grafu vložená horizontální přímka představuje limit na rizikovost. Všechny dluhopisy, jež se nacházejí nad její úrovní, by měly být z portfolio vyřazeny, případně nahrazeny jinými. Vertikální přímka stanovuje limit pro maximální povolenou expozici a její překročení má stejné následky jako překročení limitu na rizikovost. Obě přímky dělí celý prostor grafu na čtyři oblasti. Aktiva, jež se nacházejí v levém dolním kvadrantu, splňují oba nastavené limity, aktiva v pravém horním potom ani jeden z nich. Každý z limitů je možné rozdělit na více úrovní, které mohou signalizovat různou míru závažnosti nedodržení stanovených požadavků. Překročení těchto limitů potom nemusí znamenat okamžitou nutnost vyřazení z portfolio, ale například pouze to, že danému aktivu je zapotřebí věnovat zvýšenou pozornost.

4.11 Shrnutí

V předcházejících kapitolách je stanoveno kreditní riziko pro portfolio sestávající z celkem deseti dluhopisů obchodovaných na London Stock Exchange. Na základě využití metodologie CreditMetrics jsou stanoveny hlavní rizikové charakteristiky pro dluhopisy i celé portfolio u obou vybraných portfolio. Na pravděpodobnost nesplacení závazků vyplývajících z držení daného dluhopisu, a tudíž jeho větší rizikovost, má na základě zjištěných výsledků vliv především jeho (resp. emitentův) výchozí rating. Ohodnocení dluhopisů a stanovení hranic přechodu mezi jednotlivými ratingovými kategoriemi je provedeno s využitím matice přechodu zveřejněné společností Standard & Poor's. Na bázi simulačního přístupu jsou stanovena očekávaná rozdělení hodnot obou portfolio, ze kterých jsou zjištěny výsledné charakteristiky popisující kreditní riziko. Tou první jsou kvantily, pomocí kterých jsou

následně stanoveny příslušné hodnoty ekonomického kapitálu. Pro portfolio A činí hodnota ekonomického kapitálu připadajícího na 0,1% kvantil 2 323,16 GBP, což je 21,62 % očekávané hodnoty portfolio. V případě portfolio B je to 22 627,65 GBP, v procentním vyjádření potom 19,80 %, tedy méně než u portfolio A. Opačná situace nastává při stanovení ekonomického kapitálu pro první a pátý percentil. Portfolio A je proto z hlediska kreditního rizika bezpečnější pro 99 % případů. S extrémně malou pravděpodobností však toto portfolio může generovat vyšší ztráty. Z grafických prezentací očekávaného rozdělení hodnot obou portfolioí je zřejmé, že pro kreditní riziko je charakteristický dlouhý těžký konec. Druhou charakteristikou kreditního rizika je směrodatná odchylka. Na základě stanovení její marginální hodnoty pro jednotlivé obligace a znalosti tržní expozice jsou v kapitole 4.8.2 prezentovány výsledky pro všechny prvky portfolio v numerické i grafické podobě. Z těchto výsledků lze odvodit, že nejnižší míra rizika je spojena s investicí do dluhopisů britské vlády. Při hledání nejrizikovější obligace už výsledky tak jednoznačné nejsou. Jako určující se totiž jeví složení portfolio. V případě investice stejné nebo podobné částky do každé z vybraných obligací dochází k potlačení vlivu její expozice na celkovou rizikovost a určující je poté pouze velikost její marginální směrodatné odchylky v relativním vyjádření. V takovémto případě je nejvyšší míra rizika spojena s investicí do dluhopisů společnosti Marks & Spencer. Rizikové charakteristiky ostatních obligací v případě obou vybraných portfolioí jsou zachyceny v Obr. 4.9. Finální výsledky metodologie CreditMetrics mohou sloužit jako podklad pro optimalizaci dluhových portfolioí, k čemuž dopomáhá i možné nastavení limitů na relativní marginální riziko či expozici obligací, které přehledně dělí body ve výsledném grafickém zobrazení na přípustné a nepřípustné.

5 Závěr

Kreditní riziko je jedním z nejvýznamnějších finančních rizik. Současná ekonomická realita umocňuje jeho význam tím více, čím větší je počet dluhových instrumentů v portfoliích jednotlivců, domácností, firem, států i nadnárodních organizací. V období globální ekonomické krize, která byla odstartována přílišnou úvěrovou expanzí doprovázenou neschopností dlužníků své závazky v budoucnosti splácet, je aplikace modelů schopných správně a s dostatečným předstihem predikovat rizika vyplývající z držení dluhových instrumentů jednou z možností, jak předcházet možným, často drtivým dopadům realizace úvěrového rizika.

Cílem práce bylo stanovení kreditního rizika portfolia obligací obchodovaných na LSE pomocí metodologie CreditMetrics pro časové období jednoho roku.

Celá práce byla rozdělena do tří částí. V první části byl vysvětlen pojem riziko, dále zde byla popsána finanční rizika, přičemž nejvíce prostoru bylo věnováno riziku kreditnímu. Byla přiblížena jeho základní charakteristika, dále byly vysvětleny modely jeho měření a základní nástroje potřebné ke kvantifikaci, jako jsou rating, pravděpodobnost defaultu a míra návratnosti.

V druhé části práce byla popsána metodologie CreditMetrics. V jednotlivých podkapitolách byly uvedeny informace o potřebných vstupních datech modelu, způsobech vyjádření kreditního rizika, metodách stanovení výnosových křivek, rozdělení hodnot dluhopisů, nalezení mezí přechodu mezi ratingovými kategoriemi, fázích kalkulace rizika, způsobech stanovení korelace mezi obligacemi, simulačním přístupem a nakonec možnostech interpretace výsledků.

Ve třetí, praktické, části byly aplikovány poznatky z předcházejících dvou částí. V úvodu byly uvedeny základní potřebné informace, jako jsou charakteristiky dluhopisů, popis podnikatelské činnosti jejich emitentů, matice přechodu, korelace, prahy defaultu, výnosové křivky a ohodnocení dluhopisů. Na základě znalosti všech potřebných údajů bylo v této části stanoveno kreditní riziko pro dvě vybraná portfolia, a to s využitím hodnot kvantilů, pomocí kterých byly stanoveny hodnoty ekonomického kapitálu, a směrodatné odchylky.

Kreditní riziko bylo kalkulováno na časové období jednoho roku. Výchozím datem bylo 21. 9. 2012., ohodnocení portfolia se proto vztahovalo ke dni 20. 9. 2013. Riziko bylo

stanoveno pro dvě vybraná portfolia, kde v prvním byl nakoupen jeden kus každé obligace, v druhém potom byla stanovena maximální částka, kterou bylo možné investovat do každého z dluhopisů. Výsledkem analýzy rizik těchto dvou portfolií bylo zjištěno, že menší procentuální hodnota ekonomického kapitálu (vzhledem k očekávané hodnotě portfolia) je spojena ve většině případů s prvním ze sestavených portfolií. Při posouzení rizikovosti na bázi směrodatné odchylky se však výsledky u vybraných portfolií odlišují. V obou sice platí, že nejmenší podíl na celkovém riziku portfolia představují dluhopisy britské vlády, ale v případě ostatních obligací je již zapotřebí věnovat pozornost jejich tržní expozici. Dluhopisy, které se v případě portfolia A jevily jako rizikovější (Unilever, ICAP), se ve chvíli, kdy došlo k odstranění vlivu vyšších nominálních hodnot, ocitly pod křivkou spojující body se stejným absolutním rizikem. Konkrétní výsledky včetně grafické prezentace jsou obsaženy v kapitole 4.10 a poté shrnuty v kapitole 4.11.

Výsledky měření kreditního rizika pomocí metodologie CreditMetrics je vhodné využít při optimalizaci dluhových portfolií. Jejich uživatel si však vždy musí uvědomovat, že výstupy jakkoliv propracované metodologie jsou obvykle opřeny o určité množství předpokladů a velice často potom o data, jež nejsou v okamžiku rozhodování známa. Predikční schopnosti na delší, ale i krátká, časová období jsou totiž dosti omezené. Kdyby tomu tak nebylo, pak si autor předcházejících řádků dovede jen stěží vysvětlit existenci tolika nejen ekonomických krizí.

Seznam použité literatury

Monografie

- [1] ALEXANDER, Carol. *Market Risk Analysis. Volume I, Quantitative Methods in Finance*. Chichester: Wiley, 2008. ISBN 978-0-470-99800-7.
- [2] ALEXANDER, Carol. *Market Risk Analysis. Volume II, Practical Financial Econometrics*. Chichester: Wiley, 2008. ISBN 978-0-470-99801-4.
- [3] ALEXANDER, Carol. *Market Risk Analysis. Volume IV, Value-at-Risk Models*. Chichester: Wiley, 2008. ISBN 978-0-470-99788-8.
- [4] BESSIS, Joël. *Risk Management in Banking, 2nd ed.* New York: Wiley, 2002. ISBN 978-0-471-89336-3.
- [5] FABOZZI, Frank J., Lionel MARTELLINI and Philippe PRIAULET. *Advanced Bond Portfolio Management: Best practices in Modeling and Strategies*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2006. ISBN 978-0-471-67890-8.
- [6] FELSENHEIMER, Jochen, Philip GISDAKIS and Michael ZAISER. *Active Credit Portfolio Management: A Practical Guide to Credit Risk Management Strategies*. Weinheim: Wiley, 2006. ISBN 3-527-50198-3.
- [7] GUPTON, Greg M., Christopher C. FINGER and Mickey BHATIA. *CreditMetrics™ - Technical Document*. New York: J. P. Morgan & Co. Incorporated, 2 April 1997. Dostupné z: <http://www.ma.hw.ac.uk/~mcneil/F79CR/CMTD1.pdf>
- [8] JÍLEK, Josef. *Finanční rizika*. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-7169-579-3.
- [9] POLOUČEK, Stanislav. *Bankovníctví*. Praha: C. H. Beck, 2006. ISBN 80-7179-462-7.
- [10] RAIS, Karel a Vladimír SMEJKAL. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 3.vyd. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-3051-6.
- [11] TICHÝ, Milík. *Ovládání rizika: analýza a management*. Praha: C. H. Beck, 2006. ISBN 80-7179-415-5.

- [12] ZMEŠKAL, Z. et al. *Financial models*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0754-8.

Články v odborných časopisech (periodikách) nebo ve sbornících z konference

- [13] CROUHY, Michel, Dan GALAI and Robert MARK. A comparative analysis of current credit risk models. *Journal of Banking and Finance*. 2000. vol. 24, s. 59-117.
- [14] EBERHART, Allan C. and Richard J. SWEENEY. Does the Bond Market Predict Bankruptcy Settlements?. *The Journal of Finance*. 1992. vol. 47, no. 3, s. 943-980.
- [15] JARROW, Robert A., David LANDO and Stuart M. TURNBULL, A Markov Model for the Term Structure of Credit Risk Spreads. *The review of Financial Studies*. 1997, vol. 10, no. 2, s. 481-523.
- [16] KIM, Joon, Krishna RAMASWAMY and Suresh SUNDARESAN. Does Default Risk in Coupons Affect the Valuation of Corporate Bonds?: A Contingent Claims Model. *Financial Management*. 1993, vol. 22, no. 3, s. 117-131. Dostupné z: http://www.defaultrisk.com/pp_price124.htm
- [17] MERTON, Robert C. On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates. *The Journal of Finance*. 1974, vol. 29, s. 449-470.
- [18] RESTI, Andrea. European Banks and the Creditmetrics Model: Can We Make Its Implementation Easier?. In: BONILA, M., T. CASASUS a R. SALA (eds) *Papers and proceedings, Euro working group on financial modelling 24th meeting*. Valencia, 1999, vol. 24, s. 525-554.

Elektronické dokumenty a ostatní

- [19] BAYKAL, Elif Onmus. *A Literature Review of Credit Risk Modeling*. Washington, D.C.: Georgetown university, July 2010. Dostupné z: http://www12.georgetown.edu/students/eo57/A%20literature%20Review%20of%20Credit%20Risk%20Models_July.pdf
- [20] BARCLAYS. *Barclays* [online]. Barclays, ©2013 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://group.barclays.com/home>

- [21] BRITISH AMERICAN TOBACCO. *BAT* [online]. BAT [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.bat.com/>
- [22] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *ČNB: Ratingové hodnocení České republiky* [online]. ČNB ©2003-2013 [cit. 2012-10-30]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/cs/menova_politika/zpravy_o_inflaci/2011/2011_IV/box_a_prilohy/zoi_2011_IV_box_2.html
- [23] EQUITY VISTA. *Mortgage Interest Rate Forecast* [online]. Equity Vista, ©2012 [cit. 2012-12-05]. Dostupné z: <http://www.equityvista.com/public/interest-rate-forecast.php>
- [24] FEDPRIMERATE. *Libor Rates History: Historical Libor Rate Information* [online]. Fedprimerate, ©2013 [cit. 2012-12-05]. Dostupné z: http://www.fedprimerate.com/libor/libor_rates_history.htm
- [25] FITCH RATINGS. *Fitch Ratings: About Us*. [online]. Fitch Ratings, ©2013 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z: <http://www.fitchratings.com/web/en/dynamic/about-us/about-us.jsp>
- [26] GRONYCHOVÁ, Marcela. *Měření kreditního rizika: model CreditMetrics* [online prezentace]. 21. listopadu 2008 [cit. 2012-10-25]. Dostupné z: <http://www.actuaria.cz/upload/Kreditni%20riziko.pdf>
- [27] HAMMERSON. *Hammerson* [online]. Hammerson, ©2013 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.hammerson.com/>
- [28] ICAP. *ICAP* [online]. ICAP, [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.icap.com/>
- [29] IMPERIAL TOBACCO. *Imperial-tobacco* [online]. Imperial Tobacco, ©2013 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.imperial-tobacco.com/>
- [30] KINGFISHER. *Kingfisher* [online]. Kingfisher, ©2013 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.kingfisher.com/index.asp>
- [31] LLOYDS. *Lloyds banking group* [online]. LBG, ©2009 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.lloydsbankinggroup.com/home.asp>

- [32] LONDON STOCK EXCHANGE. *LSE: Retail Bonds* [online]. LSE, ©2013 [cit. 2012-09-22]. Dostupné z: <http://www.londonstockexchange.com/exchange/prices-and-markets/retail-bonds/retail-bonds-search.html>
- [33] MARKS & SPENCER. *Marks and spencer* [online]. M&S, ©2013 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.marksandspencer.com/>
- [34] MOODY'S. *Moody's history: A century of Market Leadership*. [online]. Moody's, ©2013 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z: <http://www.moodys.com/Pages/atc001.aspx>
- [35] REUTERS. *Reuters: S&P summary: Marks & Spencer plc*. [online]. Reuters, 20 Sep 2012, 4:39am EDT [cit. 2012-09-28]. <http://www.reuters.com/article/2012/09/20/idUSWLA353420120920>
- [36] SIKOROVÁ, Tereza. *Stanovení kreditního rizika pomocí metodologie CreditMetrics na portfoliu dluhových aktiv*. Ostrava, 2009. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta ekonomická, Katedra financí.
- [37] STANDARD & POORS. *S&P: Most Of The Global Defaulters In 2011 Were Weakest Links* [online]. S&P, 20 Jan 2012, 09:43 EST [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: <http://www.standardandpoors.com/ratings/articles/en/us/?articleType=HTML&assetID=1245327723088>
- [38] UNILEVER. *Unilever* [online]. Unilever, ©2013 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.unilever.com/>
- [39] U.S. Securities and Exchange Commission. *SEC: Credit Rating Agencies - NRSROs* [online]. SEC poslední aktualizace 5. 12. 2011 [cit. 2012-10-30]. Dostupné z: <http://www.sec.gov/answers/nrsro.htm>
- [40] YAHOO. *Yahoo! Finance: Quotes* [online]. Yahoo, ©2013 [cit. 2012-09-22]. Dostupné z: <http://finance.yahoo.com/>

Seznam zkratek

PIGS	Portugal, Italy, Ireland, Greece, Spain
LSE	London Stock Exchange
Obr.	obrázek
Tab.	tabulka
např.	například
apod.	a podobně
FED	Federal Reserve System
SEC	Securities and Exchange Commission
PD	pravděpodobnost defaultu
VaR	Value at Risk
DM	defaultové modely
EDF	expected default frequency
HDP	hrubý domácí produkt
NRSRO	Nationally Recognized Statistical Rating Organization
S&P	Standard & Poor's
RR	recovery rate
USA	United States of America
LGD	loss given default
MTM	marking-to-market modely
GBP	Great Britain Pound
OTC	over-the-counter
p.a.	per annum
FTSE	Financial Times Stock Exchange
č.	číslo
LIBOR	London Interbank Offered Rate


B.A.T	British American Tobacco
BAR	Barclays
UNI	Unilever
I.T. F.	Imperial Tobacco Finance
HAM	Hammerson
LLO	Lloyds
KIN	Kingfisher
M&S	Marks & Spencer

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 26.4.2013

.....


jméno a příjmení studenta

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Indiferenční křivky při různých postojích k riziku.....	7
Obr. 2.2 Beta rozdělení pro různé třídy seniority	23
Obr. 3.1 Porovnání rozdělení tržních a kreditních výnosů	26
Obr. 3.2 Rozdělení hodnot pětiletého dluhopisu	28
Obr. 3.3 Rozdělení hodnoty společnosti a prah defaultu.....	38
Obr. 3.4 Rozdělení hodnoty společnosti a prahy přechodu mezi ratingovými kategoriemi	38
Obr. 3.5 Změny ratingových kategorií zapříčiněné změnou hodnoty společnosti	40
Obr. 4.1 Vývoj sazby LIBOR od počátku roku 2000.....	55
Obr. 4.2 Forwardové výnosové křivky pro různé ratingové kategorie.....	56
Obr. 4.3 Rozdělení hodnot portfolia A	59
Obr. 4.4 Rozdělení hodnot portfolia A (hodnoty s nízkou pravděpodobností)	60
Obr. 4.5 Grafické vyjádření marginálního rizika portfolia A.....	62
Obr. 4.6 Rozdělení hodnot portfolia B	63
Obr. 4.7 Rozdělení hodnot portfolia B (hodnoty s nízkou pravděpodobností)	64
Obr. 4.8 Grafické vyjádření marginálního rizika portfolia B	66
Obr. 4.9 Porovnání rizikovosti sestavených portfolií.....	68
Obr. 4.10 Limity rizika pro vybrané portfolio.....	69

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Ratingové stupně	18
Tab. 2.2 Matice přechodu	20
Tab. 2.3 Rozdělení ratingových ohodnocení společností	21
Tab. 3.1 Hodnota dluhopisu na konci prvního roku	28
Tab. 3.2 Jednoleté pravděpodobnosti přechodu pro dlužníka s ratingem BB	41
Tab. 3.3 Prahy přechodu pro dlužníka s výchozím ratingem BB	42
Tab. 4.1 Informace o emitovaných dluhopisech k 21. 9. 2012.....	49
Tab. 4.2 Kovarianční matice (na bázi výnosů v procentním vyjádření p.a.).....	51
Tab. 4.3 Korelační matice.....	51
Tab. 4.4 Zkrácená podoba přechodové matice společnosti Standard & Poor's.....	52
Tab. 4.5 Střední hodnota a směrodatná odchylka pro různé seniority (1987 – 2011).....	52
Tab. 4.6 Kumulativní pravděpodobnosti pro různé výchozí ratingy (%).....	53
Tab. 4.7 Prahy přechodu pro různé výchozí ratingy.....	54
Tab. 4.8 Hodnoty jednotlivých dluhopisů (v GBP).....	57
Tab. 4.9 Choleskeho matice	58
Tab. 4.10 Hodnoty veličin portfolia A (GBP).....	61
Tab. 4.11 Marginální riziko jednotlivých obligací (portfolio A)	61
Tab. 4.12 Hodnoty veličin portfolia B (GBP)	64
Tab. 4.13 Marginální riziko jednotlivých obligací (portfolio B).....	65

Seznam příloh

Příloha č. 1 Hodnoty akcií v GBP

Příloha č. 2 Výnosy akcií v % p.a.

Příloha č. 3 Global corporate transition matrix (1981 – 2011) (%)

Příloha č. 4 Odvození výnosových křivek z matice přechodu

Příloha č. 5 Hodnoty ročních forwardových výnosových sazeb

Příloha č. 6 Simulované hodnoty výnosů (nekorelované)

Příloha č. 7 Simulované hodnoty výnosů (korelované)

Příloha č. 8 Přiřazení ratingů

Příloha č. 9 Simulace hodnot z rovnoměrného rozdělení

Příloha č. 10 Simulace míry návratnosti (hodnoty z beta rozdělení)

Příloha č. 11 Výsledné hodnoty dluhopisů a portfolia A

Příloha č. 12 Výsledné hodnoty dluhopisů a portfolia B

Příloha č. 13 Odvození parametrů beta rozdělení

Příloha č. 1 Hodnoty akcií v GBP

Týden	První den týdne	FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
1	20.9.2010	5598,50	2430,50	311,75	1794,00	1940,00	406,20	76,65	431,50	231,30	380,50
2	27.9.2010	5592,90	2360,50	299,75	1831,00	1911,00	398,00	73,50	436,40	233,90	391,60
3	4.10.2010	5556,00	2345,00	299,80	1824,00	1899,00	398,00	73,33	454,90	232,90	390,20
4	11.10.2010	5703,40	2416,00	285,00	1818,00	1905,00	419,00	69,50	476,60	239,60	412,50
5	18.10.2010	5741,40	2438,50	286,45	1840,00	1998,00	412,60	71,85	467,40	248,50	426,20
6	25.10.2010	5675,20	2380,00	274,60	1799,00	1999,00	419,10	68,94	456,20	237,80	427,40
7	1.11.2010	5875,40	2447,50	294,50	1913,00	2069,00	434,40	69,81	485,50	240,70	408,30
8	8.11.2010	5796,90	2399,00	280,50	1845,00	2000,00	416,10	69,57	469,60	238,70	393,20
9	15.11.2010	5732,80	2427,50	274,20	1884,00	2013,00	403,80	66,72	475,00	244,70	380,60
10	22.11.2010	5668,70	2394,00	259,80	1837,00	1955,00	406,90	61,85	475,90	244,60	385,50
11	29.11.2010	5745,30	2365,00	268,00	1855,00	1893,00	421,40	66,37	518,50	254,90	385,00
12	6.12.2010	5813,00	2379,00	272,20	1894,00	1898,00	410,50	68,35	524,00	253,70	378,00
13	13.12.2010	5871,80	2455,00	259,75	1982,87	1941,00	419,60	66,50	537,00	255,40	375,40
14	20.12.2010	6008,90	2519,00	266,95	1994,00	2028,00	419,90	68,82	537,00	267,00	376,00
15	29.12.2010	5899,90	2463,50	261,65	1963,00	1968,00	417,20	65,70	535,00	263,40	369,00
16	4.1.2011	5984,30	2426,50	280,50	1906,00	1982,00	432,70	66,43	546,00	263,60	388,40
17	10.1.2011	6002,10	2366,50	311,50	1894,00	1915,00	436,10	69,61	570,50	262,50	377,60
18	17.1.2011	5896,30	2282,50	306,70	1912,00	1799,00	436,10	67,37	553,50	267,40	368,00
19	24.1.2011	5881,40	2307,50	298,20	1827,00	1784,00	431,70	61,90	555,50	255,60	355,00
20	31.1.2011	5997,40	2389,00	309,85	1831,00	1931,00	434,20	63,73	543,00	254,90	356,10
21	7.2.2011	6062,90	2423,50	311,10	1807,00	1955,00	429,80	66,84	541,00	251,80	368,00
22	14.2.2011	6083,00	2466,50	327,00	1827,00	1992,00	447,50	69,30	543,00	263,30	357,50
23	21.2.2011	6001,20	2466,50	313,30	1837,00	1996,00	451,80	62,90	520,50	256,90	351,00
24	28.2.2011	5990,40	2538,50	287,05	1831,00	1940,00	473,90	61,00	530,50	253,80	336,30
25	4.4.2011	6055,80	2505,00	301,00	1903,00	1962,00	446,90	62,16	519,00	259,00	359,60
26	11.4.2011	5996,00	2567,00	301,65	1970,00	2042,00	451,80	60,11	510,00	265,40	374,50
27	18.4.2011	6018,30	2593,50	298,85	1964,00	2044,00	457,30	59,90	511,50	273,80	380,60
28	26.4.2011	6069,90	2611,00	282,30	1942,00	2107,00	470,10	59,25	518,50	274,50	388,00
29	3.5.2011	5976,80	2688,00	277,60	1978,00	2157,00	473,80	54,00	503,50	279,60	397,60
30	9.5.2011	5925,90	2704,00	274,30	1986,00	2231,00	473,10	54,70	492,80	282,30	398,40
31	16.5.2011	5948,50	2745,50	273,60	1968,00	2186,00	477,60	51,61	467,40	280,90	398,80
32	23.5.2011	5938,90	2720,00	275,25	1940,00	2170,00	472,90	52,76	483,10	283,80	395,90
33	31.5.2011	5855,00	2716,50	267,00	1972,00	2178,00	479,00	48,74	472,00	280,20	381,50
34	6.6.2011	5765,80	2707,00	256,50	1937,00	2085,00	475,40	47,00	463,40	267,50	358,70
35	13.6.2011	5714,90	2649,50	257,20	1954,00	2016,00	471,90	48,39	452,70	264,70	364,00
36	20.6.2011	5697,70	2651,00	237,30	1970,00	2051,00	461,20	43,43	428,70	269,60	364,40
37	27.6.2011	5989,80	2754,00	265,55	2012,00	2117,00	485,70	50,81	497,20	266,20	367,60
38	4.7.2011	5990,60	2847,00	243,25	2051,00	2167,00	461,50	46,56	489,10	262,10	378,90
39	11.7.2011	5843,70	2800,00	223,30	1974,00	2150,00	469,10	44,69	480,60	257,30	357,00

40	18.7.2011	5935,00	2847,50	239,60	2004,00	2151,00	471,90	47,12	473,60	267,10	361,10
41	25.7.2011	5815,20	2820,50	224,65	1948,00	2117,00	465,80	43,35	447,80	252,70	346,20
42	1.8.2011	5247,00	2675,00	186,00	1961,00	2071,00	410,50	32,85	401,70	230,60	333,80
43	8.8.2011	5320,00	2721,50	187,20	2004,00	2016,00	430,50	33,81	429,90	236,20	339,80
44	15.8.2011	5040,80	2608,00	150,58	2007,00	2029,00	392,60	28,38	409,50	222,00	325,30
45	22.8.2011	5129,90	2697,50	158,00	2014,00	2005,00	388,40	29,72	450,40	223,70	309,80
46	30.8.2011	5292,00	2761,50	165,20	2048,00	2092,00	400,50	33,12	466,60	236,00	314,90
47	5.9.2011	5214,60	2729,50	144,00	1982,00	2076,00	388,80	31,04	475,50	232,10	314,50
48	12.9.2011	5368,40	2791,50	163,40	1958,00	2026,00	394,90	35,81	472,40	253,50	335,00
49	19.9.2011	5066,80	2702,00	146,00	1981,00	2086,00	366,50	33,75	436,80	240,80	327,90
50	26.9.2011	5128,50	2728,50	161,35	2021,00	2174,00	378,20	34,87	412,40	248,50	314,60
51	3.10.2011	5303,40	2799,50	164,70	2020,00	2177,00	398,00	34,66	426,30	254,90	326,40
52	10.10.2011	5466,40	2808,50	176,05	2109,00	2209,00	414,80	33,25	431,80	259,50	332,40
53	17.10.2011	5488,60	2880,00	180,80	2091,00	2248,00	401,80	32,87	428,80	263,20	330,60
54	24.10.2011	5702,20	2939,50	215,00	2114,00	2314,00	413,50	35,15	432,60	269,10	329,20
55	31.10.2011	5527,20	2921,00	188,32	2067,00	2286,00	406,60	28,57	350,40	262,50	323,50
56	7.11.2011	5545,40	2927,50	178,90	2077,00	2345,00	399,80	28,83	370,50	256,00	331,90
57	14.11.2011	5362,90	2888,00	166,40	2036,00	2275,00	369,60	25,19	344,50	248,60	317,90
58	21.11.2011	5164,60	2825,00	155,65	2015,00	2254,00	353,80	23,19	327,80	247,00	307,60
59	28.11.2011	5552,30	2956,50	190,65	2102,00	2296,00	390,40	25,39	369,00	263,50	330,10
60	5.12.2011	5529,20	2996,67	189,00	2132,00	2351,00	371,00	26,67	341,70	255,30	315,30
61	12.12.2011	5387,30	2963,50	171,45	2067,00	2325,00	349,40	24,50	334,80	238,50	307,70
62	19.12.2011	5512,70	2998,50	179,00	2128,00	2398,00	352,80	25,69	344,60	246,00	307,00
63	28.12.2011	5572,30	3055,50	176,05	2163,00	2435,00	360,00	25,91	346,90	250,70	311,00
64	3.1.2012	5649,70	3038,00	188,45	2123,00	2411,00	356,70	27,11	319,30	249,70	310,70
65	9.1.2012	5636,60	2970,00	201,20	2055,00	2383,00	370,20	29,50	336,70	251,90	317,00
66	16.1.2012	5728,50	2922,00	225,87	2047,00	2253,00	390,40	32,65	335,70	260,30	334,70
67	23.1.2012	5733,50	2954,00	222,85	2068,00	2289,00	388,90	32,42	345,60	255,80	332,00
68	30.1.2012	5901,10	3043,00	237,45	2029,00	2389,00	382,80	34,39	382,20	272,90	341,10
69	6.2.2012	5852,40	3109,00	234,05	2051,00	2439,00	382,70	34,49	366,60	271,40	350,20
70	13.2.2012	5905,10	3115,00	248,35	2063,00	2519,00	396,40	35,46	382,50	280,20	352,60
71	20.2.2012	5935,10	3127,00	248,75	2050,00	2508,00	400,10	37,37	395,00	281,10	353,40
72	27.2.2012	5911,10	3208,50	256,75	2030,00	2519,00	403,70	35,31	404,70	285,70	360,50
73	5.3.2012	5887,50	3199,00	287,45	2067,00	2558,00	417,60	34,35	395,80	282,20	354,00
74	12.3.2012	5965,60	3234,50	254,00	2072,03	2539,00	425,00	37,50	431,50	302,30	381,00
75	19.3.2012	5854,90	3190,50	242,89	2051,00	2535,00	414,00	35,97	417,80	312,10	383,70
76	26.3.2012	5768,50	3150,50	235,25	2064,00	2535,00	415,60	33,60	392,80	306,70	379,00
77	2.4.2012	5723,70	3176,50	220,45	2043,00	2500,00	411,40	31,40	378,60	306,10	368,80
78	10.4.2012	5651,80	3129,50	214,90	2005,00	2457,00	408,00	30,75	372,40	297,70	369,80
79	16.4.2012	5772,10	3244,00	213,55	2086,00	2546,00	417,00	30,10	379,60	304,00	362,60
80	23.4.2012	5777,10	3186,00	223,10	2109,00	2503,00	422,80	31,19	382,90	293,00	361,10
81	30.4.2012	5655,10	3184,00	215,10	2102,00	2578,00	411,00	32,62	362,20	284,70	344,50

82	8.5.2012	5575,50	3135,00	206,00	2102,00	2543,00	429,80	31,08	349,60	289,80	360,00
83	14.5.2012	5267,60	3014,00	176,10	2024,00	2416,00	409,90	25,95	338,40	271,20	337,00
84	21.5.2012	5351,50	3047,50	181,70	2029,00	2399,00	422,10	25,80	341,20	279,90	347,80
85	28.5.2012	5260,20	3030,00	173,50	2013,00	2353,00	414,50	25,72	334,50	270,90	329,10
86	6.6.2012	5435,10	3121,00	190,35	2045,00	2377,00	415,50	28,01	335,20	279,00	335,20
87	11.6.2012	5478,80	3100,50	200,80	2077,00	2378,00	416,10	31,30	365,50	271,40	321,30
88	18.6.2012	5513,70	3204,00	200,70	2093,00	2420,00	427,10	31,39	372,00	281,30	326,80
89	25.6.2012	5571,10	3241,50	162,85	2144,00	2455,00	442,90	31,10	337,50	287,40	325,00
90	2.7.2012	5662,60	3358,00	164,75	2164,00	2579,00	451,60	30,30	313,60	270,00	318,00
91	9.7.2012	5666,10	3377,50	162,15	2142,00	2540,00	457,10	30,20	309,90	268,60	316,40
92	16.7.2012	5651,80	3371,00	159,25	2181,00	2513,00	461,00	29,94	313,40	264,30	325,10
93	23.7.2012	5627,20	3356,50	167,00	2260,00	2468,00	467,00	29,75	317,20	265,50	332,50
94	30.7.2012	5787,30	3488,00	171,35	2334,00	2517,00	474,50	30,61	328,20	276,00	341,10
95	6.8.2012	5847,10	3473,00	183,40	2282,00	2519,00	460,90	31,38	337,20	288,00	350,60
96	13.8.2012	5852,40	3325,00	192,85	2267,00	2465,00	459,50	34,22	339,70	295,60	364,40
97	20.8.2012	5776,60	3290,00	187,20	2273,00	2453,00	451,00	33,94	326,80	285,70	371,70
98	28.8.2012	5711,50	3301,50	183,25	2264,00	2456,00	457,00	33,31	317,70	275,60	357,80
99	3.9.2012	5794,80	3173,50	206,40	2275,00	2262,00	468,50	37,01	344,90	278,80	361,20
100	10.9.2012	5915,50	3160,50	229,05	2245,00	2300,00	466,70	40,01	350,80	278,10	372,50
101	17.9.2012	5852,60	3224,00	223,75	2292,00	2365,00	448,60	40,17	341,50	273,00	371,60

Příloha č. 2 Výnosy akcií v % p.a.

FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
-2,36	15,55	-43,53	17,56	13,87	2,12	-56,62	0,07	12,19	-12,64
-1,86	22,01	-39,68	14,20	17,63	0,95	-55,28	-1,74	12,53	-15,58
2,63	25,35	-28,29	15,90	21,85	3,89	-52,07	-4,90	15,54	-15,63
-3,09	20,90	-33,92	13,70	20,00	-2,96	-58,89	-26,48	9,56	-21,58
-3,41	20,05	-37,55	12,88	17,37	-3,10	-59,87	-20,73	3,02	-22,13
-5,50	21,34	-39,40	13,17	13,81	-11,81	-63,46	-24,48	4,54	-25,62
-12,10	15,42	-47,15	5,33	8,94	-18,55	-66,78	-32,48	2,62	-24,66
-4,22	23,24	-32,03	13,93	14,80	-6,18	-63,50	-21,42	10,39	-16,05
-3,55	23,45	-31,07	13,16	16,79	-8,12	-60,03	-28,06	4,33	-17,16
-4,96	23,79	-34,01	12,52	18,93	-14,13	-60,39	-29,65	-2,49	-20,18
-4,05	26,79	-33,21	14,72	26,68	-16,28	-61,29	-33,54	-3,49	-20,26
-4,14	28,44	-35,32	14,20	28,29	-12,30	-62,09	-33,80	-1,18	-17,72
-3,78	23,75	-27,45	7,07	24,21	-14,99	-59,23	-40,54	-2,23	-17,23
-6,20	17,90	-24,63	3,06	17,50	-11,84	-57,13	-37,30	-5,66	-15,69
-2,91	18,61	-13,67	4,28	14,48	-6,42	-50,30	-37,25	-1,18	-9,30
-4,19	21,74	-20,55	8,50	15,49	-10,12	-51,20	-36,70	-2,96	-14,52
-1,68	28,59	-23,77	7,13	24,75	-12,22	-50,60	-33,01	3,96	-9,67
-0,74	36,21	-23,69	7,27	35,58	-12,24	-48,81	-33,77	1,50	-4,84
0,40	34,99	-16,72	12,92	41,20	-8,18	-42,71	-31,14	9,62	-0,68
-1,04	30,89	-19,72	11,96	29,88	-7,85	-41,36	-27,26	10,28	-0,76
-2,50	32,39	-17,47	12,34	28,85	-6,07	-47,17	-25,19	13,46	-2,04
-3,21	29,70	-12,09	13,14	28,41	-6,68	-50,43	-27,11	7,18	-0,98
-0,59	31,14	-18,93	12,79	27,20	-5,93	-40,38	-17,10	17,67	8,55
-2,26	25,68	-15,38	12,02	30,67	-12,64	-41,03	-21,24	22,97	14,09
-4,74	25,77	-21,84	8,46	29,20	-7,00	-45,95	-24,32	18,42	5,39
-4,54	23,74	-26,92	3,71	22,43	-8,94	-47,76	-25,76	15,34	-1,52
-6,09	20,67	-28,09	2,09	20,21	-10,78	-48,66	-27,19	8,73	-2,84
-4,91	24,24	-24,35	7,42	20,84	-11,30	-49,20	-26,79	10,75	-6,55
-3,34	18,53	-19,63	6,62	16,04	-10,76	-42,24	-23,95	4,79	-9,18
-4,57	17,75	-21,58	5,84	15,55	-13,13	-40,37	-26,50	0,85	-13,53
-6,27	14,19	-24,71	6,81	16,33	-10,01	-39,78	-25,20	3,17	-9,73
-11,30	10,81	-36,02	4,33	11,34	-13,32	-50,82	-29,95	-4,44	-14,88
-8,60	12,18	-31,95	2,89	10,15	-11,88	-47,07	-27,71	-0,11	-8,83
-8,77	11,93	-32,36	3,92	12,85	-12,81	-45,28	-27,82	1,27	-8,25
-4,90	17,80	-25,99	4,66	17,91	-11,95	-42,12	-25,96	5,40	-7,91
-3,84	16,96	-15,38	5,43	15,94	-9,78	-27,93	-14,74	0,67	-11,83
-7,95	16,34	-24,42	4,03	14,31	-12,07	-38,22	-25,18	5,67	-11,10
-7,00	13,86	-33,05	4,53	13,29	-4,03	-33,20	-31,00	9,65	-14,23
-3,10	19,93	-26,22	9,63	19,95	-3,73	-32,20	-34,75	4,94	-10,92

-4,53	18,61	-32,32	6,89	18,08	-3,14	-35,91	-34,57	0,56	-12,38
-2,81	19,52	-29,11	11,96	18,71	-1,03	-30,93	-30,01	4,59	-6,09
7,25	25,48	-10,22	15,25	19,17	13,76	-9,44	-21,04	15,13	-0,39
8,78	28,16	-8,47	16,47	24,85	10,22	-9,46	-23,66	16,85	0,38
16,00	33,17	21,80	13,70	24,15	17,40	10,57	-17,66	29,73	7,78
14,08	23,26	22,06	12,56	22,94	18,31	15,14	-24,58	32,14	17,62
9,16	19,14	13,32	10,99	17,26	12,61	2,48	-29,96	21,06	18,04
9,53	20,96	27,26	14,23	18,30	17,54	7,31	-33,19	18,74	13,77
7,94	13,68	26,32	16,19	11,65	18,64	3,35	-26,99	9,98	7,82
16,75	16,97	56,88	13,33	10,26	27,34	18,55	-19,69	15,49	13,60
14,12	18,16	38,67	13,41	8,79	18,61	15,20	-17,19	9,86	18,12

Příloha č. 3 Global corporate transtition matrix (1981 – 2011) (%)

Rating	AAA	AA+	AA	AA-	A+	A	A-	BBB+	BBB	BBB-	BB+	BB	BB-	B+	B	B-	CCC/C	D
AAA	87,91	4,72	2,68	0,68	0,16	0,24	0,14	0	0,05	0	0,03	0,05	0	0	0,03	0	0,05	0
AA+	2,62	76,1	11,68	3,93	0,89	0,66	0,3	0,12	0,12	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0
AA	0,47	1,32	80,61	8,01	2,93	1,41	0,43	0,42	0,14	0,09	0,05	0,04	0,02	0	0	0,02	0,05	0,02
AA-	0,05	0,13	4,28	76,92	10,03	2,84	0,7	0,27	0,14	0,07	0,04	0	0	0,04	0,11	0,02	0	0,04
A+	0	0,11	0,59	4,47	77,41	8,81	2,56	0,71	0,4	0,09	0,09	0,12	0,01	0,09	0,04	0,01	0	0,07
A	0,05	0,06	0,28	0,56	5,02	77,72	6,81	2,7	1,15	0,28	0,15	0,15	0,1	0,12	0,03	0,01	0,02	0,09
A-	0,06	0,01	0,11	0,2	0,61	6,76	75,8	7,5	2,35	0,68	0,16	0,15	0,16	0,14	0,04	0,01	0,05	0,08
BBB+	0	0,01	0,07	0,09	0,31	1,05	6,94	73,15	8,86	2,02	0,47	0,4	0,17	0,26	0,15	0,02	0,1	0,16
BBB	0,01	0,01	0,07	0,04	0,17	0,48	1,24	7,04	74,23	6,3	1,62	0,83	0,37	0,31	0,17	0,04	0,09	0,23
BBB-	0,01	0,01	0,01	0,07	0,07	0,24	0,38	1,38	8,6	71,1	5,46	2,59	1,04	0,56	0,34	0,22	0,31	0,38
BB+	0,07	0	0	0,05	0,02	0,15	0,12	0,64	2,27	11,73	62,55	6,45	3,23	1,27	0,83	0,2	0,54	0,54
BB	0	0	0,06	0,02	0	0,1	0,08	0,23	0,74	2,56	8,51	64,26	7,74	2,69	1,37	0,46	0,74	0,8
BB-	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,07	0,13	0,3	0,48	2,06	8,23	63,76	8,43	3,06	0,97	0,91	1,31
B+	0	0,01	0	0,04	0	0,04	0,09	0,06	0,07	0,1	0,34	1,57	6,92	65	7,66	2,63	1,96	2,62
B	0	0	0,02	0,02	0	0,09	0,07	0,04	0,11	0,04	0,23	0,39	1,69	8,39	57,68	7,95	5,42	5,9
B-	0	0	0	0	0,04	0,07	0	0,14	0,07	0,14	0,18	0,21	0,61	3,13	10,22	51,28	10,83	9,15
CCC/C	0	0	0	0	0,05	0	0,14	0,09	0,09	0,09	0,05	0,23	0,55	1,38	2,89	8,62	44,34	27,14

Zdroj: www.standardandpoors.com

Příloha č. 4 Odvození výnosových křivek z matice přechodu

1. rok (21. 9. 2012 – 20. 9. 2013)

<i>Rating</i>	<i>AAA</i>	<i>AA+</i>	<i>AA</i>	<i>AA-</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>A-</i>	<i>BBB+</i>	<i>BBB</i>	<i>BBB-</i>	<i>BB+</i>	<i>BB</i>	<i>BB-</i>	<i>B+</i>	<i>B</i>	<i>B-</i>	<i>CCC/C</i>	<i>D</i>	r_{ni}	f_{ni}
<i>AAA</i>	0,879	0,047	0,027	0,007	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,01000	0,01000
<i>AA+</i>	0,026	0,761	0,117	0,039	0,009	0,007	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,01000	0,01000
<i>AA</i>	0,005	0,013	0,806	0,080	0,029	0,014	0,004	0,004	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,01010	0,01010
<i>AA-</i>	0,001	0,001	0,043	0,769	0,100	0,028	0,007	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,01020	0,01020
<i>A+</i>	0,000	0,001	0,006	0,045	0,774	0,088	0,026	0,007	0,004	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,01034	0,01034
<i>A</i>	0,001	0,001	0,003	0,006	0,050	0,777	0,068	0,027	0,012	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,01044	0,01044
<i>A-</i>	0,001	0,000	0,001	0,002	0,006	0,068	0,758	0,075	0,024	0,007	0,002	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,01039	0,01039
<i>BBB+</i>	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,011	0,069	0,732	0,089	0,020	0,005	0,004	0,002	0,003	0,002	0,000	0,001	0,002	0,01079	0,01079
<i>BBB</i>	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,005	0,012	0,070	0,742	0,063	0,016	0,008	0,004	0,003	0,002	0,000	0,001	0,002	0,01113	0,01113
<i>BBB-</i>	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,004	0,014	0,086	0,711	0,055	0,026	0,010	0,006	0,003	0,002	0,003	0,004	0,01188	0,01188
<i>BB+</i>	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,006	0,023	0,117	0,626	0,065	0,032	0,013	0,008	0,002	0,005	0,005	0,01267	0,01267
<i>BB</i>	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,007	0,026	0,085	0,643	0,077	0,027	0,014	0,005	0,007	0,008	0,01397	0,01397
<i>BB-</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,005	0,021	0,082	0,638	0,084	0,031	0,010	0,009	0,013	0,01653	0,01653
<i>B+</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,016	0,069	0,650	0,077	0,026	0,020	0,026	0,02324	0,02324
<i>B</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,004	0,017	0,084	0,577	0,080	0,054	0,059	0,04085	0,04085
<i>B-</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,006	0,031	0,102	0,513	0,108	0,092	0,05955	0,05955
<i>CCC/C</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,006	0,014	0,029	0,086	0,443	0,271	0,19327	0,19327

2. rok (21. 9. 2013 – 20. 9. 2014)

Rating	AAA	AA+	AA	AA-	A+	A	A-	BBB+	BBB	BBB-	BB+	BB	BB-	B+	B	B-	CCC/C	D	r _{ni}	f _{ni}
AAA	0,774	0,078	0,051	0,015	0,005	0,005	0,003	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,01004	0,01009
AA+	0,044	0,582	0,185	0,070	0,021	0,014	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,01002	0,01003
AA	0,008	0,021	0,655	0,128	0,055	0,028	0,009	0,008	0,003	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,01015	0,01020
AA-	0,001	0,003	0,068	0,600	0,158	0,054	0,016	0,006	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,01023	0,01026
A+	0,000	0,002	0,012	0,070	0,609	0,140	0,046	0,015	0,008	0,002	0,002	0,002	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,01036	0,01038
A	0,001	0,001	0,005	0,011	0,079	0,614	0,108	0,047	0,022	0,006	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,002	0,01048	0,01051
A-	0,001	0,000	0,002	0,004	0,013	0,105	0,585	0,115	0,043	0,013	0,004	0,003	0,003	0,003	0,001	0,000	0,001	0,002	0,01048	0,01056
BBB+	0,000	0,000	0,001	0,002	0,006	0,021	0,105	0,547	0,134	0,036	0,009	0,007	0,004	0,005	0,003	0,001	0,002	0,004	0,01090	0,01102
BBB	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,009	0,024	0,106	0,563	0,095	0,027	0,015	0,007	0,006	0,003	0,001	0,002	0,005	0,01125	0,01137
BBB-	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,005	0,008	0,027	0,128	0,518	0,077	0,040	0,019	0,011	0,006	0,004	0,005	0,009	0,01218	0,01249
BB+	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,003	0,012	0,042	0,160	0,404	0,088	0,048	0,022	0,014	0,005	0,008	0,013	0,01318	0,01369
BB	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,005	0,015	0,046	0,111	0,426	0,104	0,044	0,023	0,009	0,011	0,019	0,01470	0,01543
BB-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,006	0,011	0,034	0,108	0,420	0,114	0,046	0,017	0,015	0,030	0,01752	0,01852
B+	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,007	0,027	0,092	0,436	0,100	0,039	0,029	0,057	0,02472	0,02620
B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,004	0,008	0,027	0,108	0,349	0,094	0,066	0,117	0,04240	0,04395
B-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,003	0,004	0,012	0,047	0,117	0,281	0,110	0,175	0,06107	0,06259
CCC/C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,021	0,040	0,085	0,208	0,402	0,16404	0,13553

•

•

•

14. rok (21. 9. 2025 – 20. 9. 2026)

Rating	AAA	AA+	AA	AA-	A+	A	A-	BBB+	BBB	BBB-	BB+	BB	BB-	B+	B	B-	CCC/C	D	r _{ni}	f _{ni}
AAA	0,184	0,067	0,109	0,071	0,054	0,042	0,023	0,014	0,010	0,005	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,01021	0,01032
AA+	0,041	0,042	0,114	0,094	0,087	0,070	0,039	0,025	0,018	0,008	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,006	0,01024	0,01044
AA	0,013	0,014	0,093	0,092	0,098	0,083	0,049	0,032	0,023	0,011	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,010	0,01039	0,01054
AA-	0,005	0,006	0,049	0,079	0,105	0,098	0,061	0,039	0,029	0,013	0,005	0,005	0,003	0,004	0,002	0,001	0,001	0,012	0,01047	0,01063
A+	0,002	0,003	0,024	0,047	0,091	0,106	0,074	0,051	0,039	0,018	0,008	0,006	0,005	0,005	0,003	0,001	0,001	0,016	0,01060	0,01078
A	0,002	0,002	0,013	0,024	0,057	0,098	0,081	0,063	0,051	0,025	0,010	0,009	0,006	0,006	0,003	0,002	0,002	0,021	0,01079	0,01098
A-	0,002	0,001	0,007	0,013	0,033	0,070	0,082	0,072	0,064	0,033	0,013	0,011	0,008	0,007	0,004	0,002	0,002	0,025	0,01096	0,01118
BBB+	0,001	0,001	0,004	0,007	0,018	0,042	0,059	0,069	0,073	0,042	0,017	0,014	0,011	0,009	0,006	0,003	0,003	0,037	0,01141	0,01149
BBB	0,001	0,001	0,003	0,005	0,011	0,025	0,039	0,054	0,073	0,047	0,021	0,017	0,013	0,011	0,007	0,003	0,003	0,047	0,01183	0,01178
BBB-	0,001	0,000	0,002	0,003	0,007	0,015	0,023	0,037	0,057	0,048	0,023	0,020	0,016	0,014	0,009	0,005	0,004	0,071	0,01279	0,01224
BB+	0,001	0,000	0,001	0,002	0,004	0,009	0,014	0,024	0,040	0,038	0,021	0,021	0,018	0,016	0,010	0,005	0,005	0,093	0,01372	0,01255
BB	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,006	0,009	0,014	0,025	0,027	0,018	0,021	0,020	0,019	0,012	0,006	0,005	0,125	0,01512	0,01303
BB-	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,003	0,005	0,008	0,014	0,017	0,013	0,017	0,019	0,020	0,013	0,007	0,006	0,170	0,01722	0,01348
B+	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,007	0,009	0,008	0,011	0,014	0,018	0,012	0,007	0,006	0,241	0,02087	0,01370
B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,004	0,006	0,009	0,012	0,009	0,005	0,004	0,339	0,02668	0,01331
B-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,006	0,008	0,006	0,004	0,003	0,401	0,03110	0,01272
CCC/C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,574	0,04751	0,01209

Příloha č. 5 Hodnoty ročních forwardových výnosových sazeb

Období	21.9.2012 -20.9.2013	21.9.2013 -20.9.2014	21.9.2014 -20.9.2015	21.9.2015 -20.9.2016	21.9.2016 -20.9.2017	21.9.2017 -20.9.2018	21.9.2018 -20.9.2019	21.9.2019 -20.9.2020	21.9.2020 -20.9.2021	21.9.2021 -20.9.2022	21.9.2022 -20.9.2023	21.9.2023 -20.9.2024	21.9.2024 -20.9.2025	21.9.2025 -20.9.2026
	$f_{0,1}$	$f_{1,2}$	$f_{2,3}$	$f_{3,4}$	$f_{4,5}$	$f_{5,6}$	$f_{6,7}$	$f_{7,8}$	$f_{8,9}$	$f_{9,10}$	$f_{10,11}$	$f_{11,12}$	$f_{12,13}$	$f_{13,14}$
AAA	0,01000	0,01009	0,01013	0,01016	0,01019	0,01021	0,01022	0,01024	0,01025	0,01027	0,01028	0,01030	0,01031	0,01032
AA+	0,01000	0,01003	0,01007	0,01012	0,01016	0,01020	0,01024	0,01028	0,01031	0,01034	0,01037	0,01039	0,01042	0,01044
AA	0,01010	0,01020	0,01026	0,01031	0,01034	0,01037	0,01040	0,01043	0,01045	0,01047	0,01049	0,01051	0,01053	0,01054
AA-	0,01020	0,01026	0,01032	0,01038	0,01042	0,01046	0,01049	0,01052	0,01055	0,01057	0,01059	0,01060	0,01062	0,01063
A+	0,01034	0,01038	0,01042	0,01047	0,01052	0,01057	0,01061	0,01065	0,01068	0,01071	0,01074	0,01076	0,01077	0,01078
A	0,01044	0,01051	0,01058	0,01064	0,01071	0,01077	0,01082	0,01086	0,01090	0,01093	0,01095	0,01097	0,01097	0,01098
A-	0,01039	0,01056	0,01069	0,01080	0,01090	0,01098	0,01104	0,01110	0,01114	0,01116	0,01118	0,01119	0,01119	0,01118
BBB+	0,01079	0,01102	0,01119	0,01132	0,01142	0,01150	0,01155	0,01159	0,01160	0,01160	0,01159	0,01157	0,01153	0,01149
BBB	0,01113	0,01137	0,01159	0,01176	0,01190	0,01200	0,01206	0,01208	0,01208	0,01205	0,01200	0,01194	0,01186	0,01178
BBB-	0,01188	0,01249	0,01286	0,01309	0,01320	0,01324	0,01321	0,01314	0,01303	0,01290	0,01275	0,01258	0,01241	0,01224
BB+	0,01267	0,01369	0,01423	0,01449	0,01457	0,01452	0,01438	0,01418	0,01393	0,01365	0,01337	0,01309	0,01281	0,01255
BB	0,01397	0,01543	0,01621	0,01656	0,01660	0,01643	0,01612	0,01572	0,01526	0,01479	0,01431	0,01386	0,01343	0,01303
BB-	0,01653	0,01852	0,01960	0,01998	0,01984	0,01935	0,01865	0,01784	0,01700	0,01618	0,01540	0,01469	0,01405	0,01348
B+	0,02324	0,02620	0,02714	0,02676	0,02559	0,02402	0,02230	0,02060	0,01903	0,01762	0,01639	0,01533	0,01444	0,01370
B	0,04085	0,04395	0,04224	0,03839	0,03391	0,02959	0,02580	0,02264	0,02007	0,01802	0,01639	0,01512	0,01411	0,01331
B-	0,05955	0,06259	0,05616	0,04720	0,03873	0,03177	0,02640	0,02239	0,01941	0,01721	0,01558	0,01435	0,01342	0,01272
CCC/C	0,19327	0,13553	0,08948	0,05985	0,04205	0,03137	0,02477	0,02053	0,01771	0,01576	0,01438	0,01338	0,01265	0,01209

Příloha č. 6 Simulované hodnoty výnosů (nekorelované)

Výchozí rating	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
Scénář	FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
1	-0,1371	-0,2119	0,5977	-2,2298	-0,3156	-0,0169	-0,3679	-1,1909	-0,5111	-0,5906
2	-0,1957	-0,5732	1,0600	-1,6673	-1,1438	-0,5922	-1,2415	1,6229	-0,2529	0,5726
3	-0,0998	0,0187	1,7509	-1,8482	-0,2838	0,0332	-0,4539	0,0871	1,0662	1,1635
4	0,9534	0,0029	0,4912	0,4368	-0,9815	0,4857	0,4024	1,6834	-0,0938	-0,9826
5	0,2239	0,2858	-0,0073	1,2687	-0,6360	0,7677	1,8649	1,9075	-0,3293	-1,5182
6	-0,0852	1,0278	-0,4011	-0,7588	-1,3039	0,2399	-0,5143	-0,2212	-0,4312	-0,0738
7	1,5028	0,5185	-1,2354	0,7576	0,1262	2,0667	0,4583	-0,3091	-1,0451	1,9941
8	-0,5549	0,9241	0,5431	-0,1909	-0,8204	-0,2123	0,0960	-0,9834	-1,4562	-0,7701
9	1,7390	-0,6757	-0,8278	-0,4325	-1,5474	0,7204	0,8202	-0,3245	1,1320	-0,1056
10	0,2327	0,2176	0,4569	1,3125	-1,4674	-0,0999	0,8173	-0,4807	0,3130	-0,6235
11	0,1771	0,4002	0,8706	-0,1711	1,2635	-0,6832	-0,8560	-1,0463	-2,6960	-0,0296
12	0,9261	-1,1823	0,9794	1,0707	0,8398	1,0953	0,7809	1,0904	-1,2677	-0,0778
13	-1,8402	-1,4412	-1,4302	-0,8174	-0,3630	1,4674	0,4716	1,3754	0,2151	-0,2057
14	-2,1492	0,1466	0,1216	-0,3481	-1,0567	1,0837	0,8572	-0,2612	0,7388	-0,1659
15	1,2005	-0,4544	0,7078	-0,5485	-0,3206	-1,9585	-1,3113	-0,9796	0,2211	0,0815
16	-0,7489	0,0440	-1,0960	-0,0772	-0,2089	0,4944	-0,9948	-0,0535	-1,5688	-1,8344
17	0,0023	0,9029	0,0645	-0,0163	0,2893	0,6986	0,2146	0,0199	-0,0497	1,8885
18	1,2118	0,3784	-0,4794	0,0582	0,2100	1,2674	-0,3841	0,4362	0,2233	2,2866
19	-0,0995	-1,4665	0,0731	0,4778	1,5247	0,3288	1,2939	-0,1971	-0,9652	0,1162
20	-0,0558	-0,7167	0,0528	0,9069	-0,0528	-0,4047	-0,8264	0,7499	0,1677	-0,5114
21	-0,3015	1,0192	-0,9818	-0,8734	-0,4255	-0,7871	-1,0594	0,3179	1,6327	-0,0326
22	-0,1650	-1,1486	-0,5475	-1,5893	0,0670	0,4229	0,2343	-0,4610	-0,0638	0,9280
23	-0,3249	-0,2423	-0,3280	-0,0495	-1,8456	0,0270	1,0719	-0,2317	0,4230	0,3297
24	0,4850	0,5615	-0,3267	0,4752	1,1240	0,0009	1,2203	0,8976	-0,1128	0,5054
25	0,7037	1,7492	-0,1409	-0,2773	1,1727	-0,3981	1,2470	0,4843	0,4457	-1,2817
26	0,6262	-0,4012	0,4533	0,2709	-0,4466	-0,6766	0,9483	0,7264	-0,5180	-1,9885
27	-0,6976	0,9323	0,5124	0,6007	0,5864	1,4149	1,5086	-1,7411	0,9476	-2,1237
28	0,4694	1,0563	0,7659	-0,3902	-1,3789	0,3424	1,4492	-1,4117	-0,0987	0,0223
29	-1,0467	-0,5450	1,5358	-0,0851	1,1686	2,2866	-1,3376	0,1532	-1,2344	-0,7207
30	-1,2460	0,1315	-1,2966	-1,0828	0,0102	1,1209	-1,2520	0,7863	1,5696	-0,4958
31	1,3525	0,8279	-1,0641	-0,2771	-0,2322	0,5080	-0,0560	0,6281	-1,7277	0,4632
32	-0,7927	-0,1940	-0,2575	-2,2066	2,7389	0,5306	0,5115	0,4318	0,1533	1,7856
33	-0,0544	-0,3807	-0,7653	-0,2771	-0,5517	0,3483	-0,9323	-0,8515	0,2704	-0,6010
34	-1,1156	0,9800	0,8553	-0,2271	-0,4590	-1,1954	-0,1051	0,9214	-0,2412	0,2673
35	0,6510	1,0184	-0,5345	-0,6744	-0,8073	-1,0106	-0,0488	0,2440	0,6514	-1,7624
36	0,8263	0,0874	1,6429	-0,4431	-0,6530	1,8271	0,8110	0,4058	1,4863	-0,5291
...

Příloha č. 7 Simulované hodnoty výnosů (korelované)

Výchozí rating	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
Scénář	FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
1	-0,1371	-0,2408	0,1751	-1,8495	-0,2225	-0,3407	0,2002	-1,6975	-0,8770	-0,3152
2	-0,1957	-0,6047	0,3900	-1,7864	-0,8923	-0,4451	-0,1140	0,5809	-0,3677	0,2894
3	-0,0998	-0,0087	0,6584	-1,9543	0,0751	-0,4185	0,3365	-1,0682	0,3567	1,2752
4	0,9534	0,2577	1,0521	0,6541	-0,3244	1,0041	0,9347	1,6109	1,1106	0,6873
5	0,2239	0,3352	0,1405	1,0542	-0,0431	0,4623	0,5029	1,9118	0,9210	0,0401
6	-0,0852	0,9677	-0,4421	-0,1174	0,3397	-0,3170	-0,6329	-0,1491	-0,3511	-0,6815
7	1,5028	0,9013	0,7001	1,9907	0,5208	1,9897	1,1566	0,9826	1,1361	1,3286
8	-0,5549	0,7422	-0,4328	-0,4032	0,4727	-0,8736	-0,7035	-1,2814	-1,5550	-1,1102
9	1,7390	-0,1863	1,3099	0,8519	-1,1860	1,9990	1,7403	0,6553	1,7297	0,9491
10	0,2327	0,2719	0,3600	0,8912	-0,4305	0,2138	0,1412	-0,2178	-0,0083	-0,2402
11	0,1771	0,4330	0,4535	-0,2361	0,9908	-0,2218	0,0450	-1,3730	-1,7861	-0,1402
12	0,9261	-0,8918	1,4621	0,5467	-0,5787	1,4717	1,6544	1,0724	0,5072	1,3704
13	-1,8402	-1,8806	-1,9650	-1,4541	-1,6735	-0,8623	-1,0971	1,3612	-0,3895	-1,4767
14	-2,1492	-0,4332	-1,8744	-1,4819	-0,4781	-1,7565	-1,5832	-0,7805	-0,8908	-1,4421
15	1,2005	-0,1170	1,4500	-0,0666	-0,3796	0,5684	0,7705	-0,9935	-0,2103	0,5714
16	-0,7489	-0,1578	-1,1395	-0,0513	-0,1907	-0,4732	-1,1335	0,3212	-1,3039	-2,0659
17	0,0023	0,8706	-0,1417	0,2134	0,9380	-0,0491	-0,0904	-0,0480	0,3667	0,8582
18	1,2118	0,6886	0,7934	1,0282	0,4877	1,4071	0,8702	1,0013	1,5027	1,7453
19	-0,0995	-1,4397	0,2216	-0,1705	-0,6664	0,4196	0,8803	-0,1147	-0,4286	0,3484
20	-0,0558	-0,7055	0,1093	0,3536	-0,6923	0,1064	-0,2184	0,8333	-0,0545	-0,3012
21	-0,3015	0,9015	-0,8803	-0,0979	0,6559	-0,7532	-1,0953	0,3232	0,6467	-0,5461
22	-0,1650	-1,1509	-0,1625	-1,2566	-1,0019	0,1602	0,4051	-0,3999	-0,2368	0,1165
23	-0,3249	-0,3203	-0,3816	-0,1613	-1,0663	-0,2034	-0,1487	-0,0497	-0,2156	-0,5084
24	0,4850	0,6707	0,1819	0,8763	0,9886	0,3732	0,5941	0,9308	0,9676	0,9575
25	0,7037	1,8736	0,2295	0,7572	2,1261	0,0674	0,5259	0,2593	1,3774	0,6649
26	0,6262	-0,2193	0,8235	0,2581	-0,4771	0,4791	0,8790	0,5740	0,1342	-0,0828
27	-0,6976	0,7119	-0,5736	0,0543	1,0520	-0,4833	-0,2081	-1,7441	0,2179	-0,6073
28	0,4694	1,1433	0,5424	0,0077	0,4527	0,1439	0,6022	-1,4794	-0,0226	0,3572
29	-1,0467	-0,8049	-0,1634	-1,4024	0,0551	-0,3365	-0,4406	-0,5634	-0,9215	-0,2086
30	-1,2460	-0,2064	-1,6812	-0,9064	-0,0405	-0,8585	-1,4937	0,8034	0,5632	-1,1029
31	1,3525	1,1593	0,5820	1,2350	0,6752	1,2313	0,7467	1,2724	0,4866	0,5086
32	-0,7927	-0,3989	-0,7739	-1,8798	1,0019	-0,7183	0,0795	-0,3501	0,3366	1,0407
33	-0,0544	-0,3814	-0,3037	-0,0259	-0,6328	0,1857	-0,3458	-0,2944	-0,2486	-0,8567
34	-1,1156	0,6461	-0,8051	-0,8566	0,6595	-1,7021	-1,2592	-0,1320	-0,9130	-0,5444
35	0,6510	1,1554	0,1529	0,4136	0,5925	0,0385	0,0243	0,3201	0,6954	-0,4418
36	0,8263	0,3050	1,4172	-0,4240	-0,0024	1,0466	1,4356	-0,0651	1,8744	1,7095
...

Příloha č. 8 Přiřazení ratingů

Výchozí rating	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
Scénář	FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
1	AAA	BBB+	A+	A-	BBB	BBB	A+	BBB-	BBB-	BBB-
2	AAA	BBB+	A+	A-	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
3	AAA	BBB+	A+	A-	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB
4	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB+	A+	AAA	BBB	BBB-
5	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	AAA	BBB	BBB-
6	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
7	AAA	BBB+	A+	AAA	BBB	AAA	A+	BBB	BBB	BBB+
8	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BB+	BBB-
9	AAA	BBB+	AA-	A+	BBB	AAA	AAA	BBB	AAA	BBB
10	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
11	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB-	BB	BBB-
12	AAA	BBB+	AA-	A+	BBB	A	AA	BBB+	BBB-	BBB+
13	AA	BBB-	A-	A	BBB-	BBB	A+	A-	BBB-	BB+
14	AA	BBB+	A-	A	BBB	BBB-	A	BBB	BBB-	BB+
15	AAA	BBB+	AA-	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
16	AAA	BBB+	A	A+	BBB	BBB	A	BBB	BB+	BB-
17	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
18	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	A-	A+	BBB	AAA	AAA
19	AAA	BBB	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
20	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
21	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
22	AAA	BBB	A+	A	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
23	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
24	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB	BBB
25	AAA	AAA	A+	A+	AAA	BBB	A+	BBB	BBB+	BBB-
26	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
27	AAA	BBB+	A+	A+	BBB+	BBB	A+	BBB-	BBB-	BBB-
28	AAA	A-	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB-	BBB-	BBB-
29	AAA	BBB+	A+	A	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
30	AAA	BBB+	A	A+	BBB	BBB	A	BBB	BBB-	BBB-
31	AAA	A-	A+	A+	BBB	BBB+	A+	BBB+	BBB-	BBB-
32	AAA	BBB+	A+	A-	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB
33	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
34	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB-	A	BBB	BBB-	BBB-
35	AAA	A-	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
36	AAA	BBB+	AA-	A+	BBB	BBB+	AA-	BBB	AAA	AAA
...

Příloha č. 9 Simulace hodnot z rovnoměrného rozdělení

Výchozí rating	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
Scénář	FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
1	0,3820	0,1007	0,5965	0,8991	0,8846	0,9585	0,0145	0,4074	0,8632	0,1386
2	0,2450	0,0455	0,0324	0,1641	0,2196	0,0171	0,2850	0,3431	0,5536	0,3574
3	0,3718	0,3556	0,9103	0,4660	0,4262	0,3039	0,9757	0,8067	0,9912	0,2563
4	0,9517	0,0534	0,7050	0,8165	0,9725	0,4663	0,3002	0,7502	0,3515	0,7757
5	0,0743	0,1984	0,0641	0,3583	0,4870	0,5112	0,3735	0,9859	0,0407	0,2307
6	0,0050	0,9261	0,1003	0,2567	0,7757	0,6796	0,8091	0,7243	0,0851	0,1323
7	0,7562	0,6265	0,1737	0,4048	0,5523	0,7115	0,5552	0,1812	0,9703	0,6869
8	0,5288	0,7967	0,8057	0,2622	0,1780	0,8668	0,1148	0,0595	0,7616	0,7384
9	0,9863	0,9256	0,9039	0,5450	0,5008	0,6750	0,4898	0,1458	0,0380	0,7963
10	0,6716	0,7317	0,5845	0,1522	0,8922	0,3778	0,2005	0,2058	0,3340	0,3251
11	0,3002	0,8022	0,6961	0,2715	0,9040	0,0391	0,7090	0,4537	0,5166	0,2565
12	0,2913	0,8021	0,7890	0,6760	0,7553	0,9485	0,6194	0,7221	0,9680	0,3686
13	0,8504	0,5571	0,8731	0,4411	0,2177	0,8590	0,2803	0,7033	0,7074	0,3758
14	0,3297	0,0860	0,9769	0,2855	0,5343	0,4074	0,9977	0,8947	0,8108	0,9086
15	0,5745	0,7061	0,4014	0,1110	0,8974	0,3863	0,0958	0,7776	0,7836	0,6657
16	0,6568	0,2585	0,7652	0,7003	0,8588	0,0028	0,6786	0,9288	0,0425	0,5181
17	0,9121	0,9543	0,5943	0,5577	0,9682	0,4830	0,2556	0,8179	0,4960	0,8506
18	0,6681	0,9269	0,4518	0,1681	0,0620	0,0052	0,5411	0,6176	0,4929	0,5795
19	0,6019	0,9301	0,5340	0,1321	0,0823	0,5759	0,8292	0,0657	0,2709	0,6997
20	0,4142	0,3656	0,4351	0,3301	0,2111	0,7405	0,5235	0,8968	0,6034	0,5228
21	0,5898	0,5849	0,4970	0,1105	0,5930	0,5589	0,7741	0,2308	0,7312	0,5867
22	0,5455	0,8073	0,9643	0,0954	0,1086	0,7123	0,8831	0,1899	0,0160	0,1845
23	0,5800	0,6661	0,1623	0,1951	0,6778	0,5484	0,2946	0,5408	0,1732	0,1853
24	0,8524	0,9481	0,2508	0,4317	0,5449	0,9675	0,7241	0,9510	0,5703	0,9406
25	0,2599	0,1670	0,8838	0,8209	0,0419	0,8983	0,4208	0,1282	0,0301	0,2047
26	0,6820	0,8206	0,4723	0,4785	0,5850	0,3624	0,8233	0,3106	0,9904	0,7716
27	0,7293	0,1633	0,8083	0,9261	0,2323	0,3817	0,0902	0,9120	0,8520	0,5731
28	0,0142	0,6934	0,7006	0,8880	0,1690	0,8860	0,2871	0,2316	0,0423	0,9154
29	0,1672	0,9389	0,1216	0,3413	0,0955	0,9441	0,5115	0,6295	0,8356	0,9744
30	0,4757	0,1516	0,2846	0,8017	0,8085	0,6952	0,0686	0,0813	0,4428	0,2647
31	0,2651	0,8103	0,2009	0,4543	0,4082	0,9355	0,0938	0,1748	0,4335	0,1443
32	0,0758	0,0153	0,7193	0,3674	0,6601	0,0202	0,8785	0,0257	0,3025	0,1644
33	0,4600	0,5536	0,9587	0,3062	0,2134	0,2276	0,7213	0,9004	0,0756	0,8338
34	0,9438	0,2524	0,5331	0,2037	0,7566	0,5945	0,5186	0,1516	0,3822	0,7656
35	0,4961	0,8419	0,1553	0,7760	0,8928	0,1211	0,6541	0,0374	0,5316	0,8429
36	0,8498	0,5419	0,2231	0,7185	0,6788	0,7669	0,1713	0,7246	0,9464	0,5926
...

Příloha č. 10 Simulace míry návratnosti (hodnoty z beta rozdělení)

Výchozí rating	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-
Scénář	FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S
1	0,2961	0,0067	0,7347	0,9963	0,9943	0,9998	0,0000	0,3463	0,9903	0,0172
2	0,0898	0,0006	0,0002	0,0282	0,0657	0,0000	0,1371	0,2254	0,6533	0,2504
3	0,2769	0,2472	0,9975	0,4692	0,3847	0,1633	1,0000	0,9710	1,0000	0,1019
4	0,9996	0,0010	0,8928	0,9754	0,9999	0,4698	0,1579	0,9355	0,2399	0,9538
5	0,0027	0,0491	0,0018	0,2521	0,5143	0,5659	0,2799	1,0000	0,0005	0,0757
6	0,0000	0,9986	0,0066	0,1024	0,9538	0,8628	0,9721	0,9127	0,0041	0,0150
7	0,9401	0,7859	0,0333	0,3410	0,6507	0,8997	0,6563	0,0377	0,9999	0,8719
8	0,6027	0,9660	0,9705	0,1087	0,0358	0,9911	0,0099	0,0014	0,9441	0,9256
9	1,0000	0,9986	0,9968	0,6359	0,5437	0,8568	0,5203	0,0199	0,0004	0,9658
10	0,8523	0,9196	0,7128	0,0226	0,9954	0,2881	0,0506	0,0545	0,2100	0,1957
11	0,1579	0,9688	0,8827	0,1198	0,9969	0,0004	0,8971	0,4429	0,5773	0,1022
12	0,1455	0,9688	0,9618	0,8581	0,9395	0,9996	0,7743	0,9105	0,9999	0,2708
13	0,9871	0,6601	0,9923	0,4160	0,0642	0,9893	0,1309	0,8909	0,8953	0,2844
14	0,2030	0,0042	1,0000	0,1377	0,6141	0,3462	1,0000	0,9958	0,9729	0,9973
15	0,6940	0,8939	0,3342	0,0089	0,9961	0,3045	0,0058	0,9550	0,9587	0,8445
16	0,8321	0,1044	0,9467	0,8875	0,9893	0,0000	0,8615	0,9988	0,0005	0,5805
17	0,9976	0,9997	0,7308	0,6613	0,9999	0,5057	0,1012	0,9760	0,5336	0,9872
18	0,8477	0,9987	0,4387	0,0303	0,0016	0,0000	0,6280	0,7713	0,5269	0,7034
19	0,7443	0,9989	0,6134	0,0149	0,0037	0,6967	0,9804	0,0019	0,1191	0,8868
20	0,3600	0,2653	0,4034	0,2037	0,0587	0,9274	0,5916	0,9960	0,7470	0,5902
21	0,7225	0,7136	0,5357	0,0088	0,7284	0,6638	0,9527	0,0758	0,9191	0,7169
22	0,6370	0,9713	0,9999	0,0057	0,0084	0,9005	0,9941	0,0432	0,0000	0,0398
23	0,7045	0,8449	0,0273	0,0467	0,8605	0,6428	0,1500	0,6274	0,0331	0,0402
24	0,9876	0,9996	0,0959	0,3964	0,6357	0,9999	0,9124	0,9996	0,6859	0,9993
25	0,1060	0,0297	0,9942	0,9772	0,0005	0,9962	0,3737	0,0137	0,0002	0,0537
26	0,8658	0,9771	0,4827	0,4960	0,7137	0,2595	0,9782	0,1731	1,0000	0,9511
27	0,9174	0,0278	0,9717	0,9986	0,0772	0,2955	0,0048	0,9976	0,9875	0,6914
28	0,0000	0,8796	0,8879	0,9949	0,0308	0,9946	0,1398	0,0765	0,0005	0,9979
29	0,0298	0,9993	0,0117	0,2223	0,0057	0,9994	0,5664	0,7907	0,9826	1,0000
30	0,4900	0,0224	0,1364	0,9685	0,9718	0,8817	0,0021	0,0036	0,4197	0,1116
31	0,1121	0,9727	0,0509	0,4440	0,3479	0,9991	0,0054	0,0339	0,4002	0,0194
32	0,0029	0,0000	0,9077	0,2685	0,8366	0,0001	0,9933	0,0001	0,1612	0,0284
33	0,4562	0,6532	0,9998	0,1667	0,0606	0,0728	0,9097	0,9965	0,0029	0,9820
34	0,9994	0,0977	0,6117	0,0530	0,9405	0,7312	0,5814	0,0224	0,2966	0,9470
35	0,5338	0,9846	0,0240	0,9539	0,9955	0,0115	0,8282	0,0004	0,6085	0,9849
36	0,9869	0,6296	0,0688	0,9070	0,8617	0,9479	0,0320	0,9130	0,9995	0,7277
...

Příloha č. 11 Výsledné hodnoty dluhopisů a portfolia A

Počet obligací	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Hodnota portfolia
Výchozí rating	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-	
Scénář	FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S	
1	122,21	1426,58	1623,71	2387,77	1367,29	164,68	1139,88	1260,18	1152,86	110,61	10755,77
2	122,21	1426,58	1623,71	2387,77	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10762,34
3	122,21	1426,58	1623,71	2387,77	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,67	10762,39
4	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	165,34	1139,88	1274,94	1154,32	110,61	10774,87
5	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1274,94	1154,32	110,61	10774,21
6	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10764,56
7	122,21	1426,58	1623,71	2392,42	1367,29	167,22	1139,88	1266,75	1154,32	110,69	10771,07
8	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1151,31	110,61	10763,01
9	122,21	1426,58	1625,71	2390,00	1367,29	167,22	1140,47	1266,75	1155,98	110,67	10772,87
10	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10764,56
11	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1260,18	1149,05	110,61	10754,19
12	122,21	1426,58	1625,71	2390,00	1367,29	166,34	1140,22	1269,01	1152,86	110,69	10770,90
13	122,10	1414,68	1617,66	2388,74	1360,04	164,68	1139,88	1271,66	1152,86	110,55	10742,85
14	122,10	1426,58	1617,66	2388,74	1367,29	163,11	1139,59	1266,75	1152,86	110,55	10755,23
15	122,21	1426,58	1625,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10766,56
16	122,21	1426,58	1620,65	2390,00	1367,29	164,68	1139,59	1266,75	1151,31	110,31	10759,36
17	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10764,56
18	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	166,05	1139,88	1266,75	1155,98	110,74	10769,18
19	122,21	1423,41	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10761,40
20	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10764,56
21	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10764,56
22	122,21	1423,41	1623,71	2388,74	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10760,14
23	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10764,56
24	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1154,32	110,67	10766,08
25	122,21	1434,88	1623,71	2390,00	1376,44	164,68	1139,88	1266,75	1154,77	110,61	10783,93
26	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10764,56
27	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1369,82	164,68	1139,88	1260,18	1152,86	110,61	10760,53
28	122,21	1430,16	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1260,18	1152,86	110,61	10761,58
29	122,21	1426,58	1623,71	2388,74	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10763,31
30	122,21	1426,58	1620,65	2390,00	1367,29	164,68	1139,59	1266,75	1152,86	110,61	10761,22
31	122,21	1430,16	1623,71	2390,00	1367,29	165,34	1139,88	1269,01	1152,86	110,61	10771,08
32	122,21	1426,58	1623,71	2387,77	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,67	10762,39
33	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10764,56
34	122,21	1426,58	1623,71	2390,00	1367,29	163,11	1139,59	1266,75	1152,86	110,61	10762,71
35	122,21	1430,16	1623,71	2390,00	1367,29	164,68	1139,88	1266,75	1152,86	110,61	10768,15
36	122,21	1426,58	1625,71	2390,00	1367,29	165,34	1140,10	1266,75	1155,98	110,74	10770,68
...

Příloha č. 12 Výsledné hodnoty dluhopisů a portfolia B

Počet obligací	84	8	10	4	8	83	9	9	9	94	Hodnota portfolia
Výchozí rating	AAA	BBB+	A+	A+	BBB	BBB	A+	BBB	BBB-	BBB-	
Scénář	FTSE 100	B.A.T.	BAR	UNI	I.T.F.	HAM	LLO	ICAP	KIN	M&S	
1	10265,39	11412,61	16237,10	9551,07	10938,30	13668,34	10258,93	11341,66	10375,77	10397,76	114446,92
2	10265,39	11412,61	16237,10	9551,07	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114506,01
3	10265,39	11412,61	16237,10	9551,07	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10403,18	114511,44
4	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13723,26	10258,93	11474,45	10388,90	10397,76	114656,67
5	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11474,45	10388,90	10397,76	114601,76
6	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114514,93
7	10265,39	11412,61	16237,10	9569,69	10938,30	13879,34	10258,93	11400,75	10388,90	10404,84	114755,84
8	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10361,80	10397,76	114500,95
9	10265,39	11412,61	16257,07	9559,99	10938,30	13879,34	10264,24	11400,75	10403,84	10403,18	114784,68
10	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114514,93
11	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11341,66	10341,48	10397,76	114421,55
12	10265,39	11412,61	16257,07	9559,99	10938,30	13806,29	10261,99	11421,13	10375,77	10404,84	114703,38
13	10256,03	11317,45	16176,60	9554,96	10880,29	13668,34	10258,93	11444,96	10375,77	10391,98	114325,30
14	10256,03	11412,61	16176,60	9554,96	10938,30	13537,89	10256,34	11400,75	10375,77	10391,98	114301,22
15	10265,39	11412,61	16257,07	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114534,90
16	10265,39	11412,61	16206,53	9559,99	10938,30	13668,34	10256,34	11400,75	10361,80	10368,78	114438,83
17	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114514,93
18	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13782,44	10258,93	11400,75	10403,84	10409,33	114668,66
19	10265,39	11387,30	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114489,62
20	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114514,93
21	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114514,93
22	10265,39	11387,30	16237,10	9554,96	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114484,60
23	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114514,93
24	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10388,90	10403,18	114533,48
25	10265,39	11479,04	16237,10	9559,99	11011,54	13668,34	10258,93	11400,75	10392,95	10397,76	114671,78
26	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114514,93
27	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10958,54	13668,34	10258,93	11341,66	10375,77	10397,76	114476,08
28	10265,39	11441,30	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11341,66	10375,77	10397,76	114484,53
29	10265,39	11412,61	16237,10	9554,96	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114509,90
30	10265,39	11412,61	16206,53	9559,99	10938,30	13668,34	10256,34	11400,75	10375,77	10397,76	114481,78
31	10265,39	11441,30	16237,10	9559,99	10938,30	13723,26	10258,93	11421,13	10375,77	10397,76	114618,91
32	10265,39	11412,61	16237,10	9551,07	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10403,18	114511,44
33	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114514,93
34	10265,39	11412,61	16237,10	9559,99	10938,30	13537,89	10256,34	11400,75	10375,77	10397,76	114381,89
35	10265,39	11441,30	16237,10	9559,99	10938,30	13668,34	10258,93	11400,75	10375,77	10397,76	114543,62
36	10265,39	11412,61	16257,07	9559,99	10938,30	13723,26	10260,91	11400,75	10403,84	10409,33	114631,44
...

Příloha č. 13 Odvození parametru beta rozdělení

$$(1) \quad E(X) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

$$(2) \quad \text{var}(X) = \frac{\alpha \cdot \beta}{(\alpha + \beta)^2 \cdot (\alpha + \beta + 1)}$$

$$(1) \quad E(X) \cdot \alpha + E(X) \cdot \beta = \alpha$$

$$\alpha \cdot (1 - E(X)) = E(X) \cdot \beta$$

$$\alpha = \frac{E(X) \cdot \beta}{1 - E(X)}$$

$$(2) \quad \text{var}(X) = \frac{\frac{E(X) \cdot \beta}{1 - E(X)} \cdot \beta}{\left(\frac{E(X) \cdot \beta}{1 - E(X)} + \beta \right)^2 \cdot \left(\frac{E(X) \cdot \beta}{1 - E(X)} + \beta + 1 \right)} =$$

$$= \frac{\frac{E(X) \cdot \beta^2}{1 - E(X)}}{\left(\frac{E(X) \cdot \beta + \beta - E(X) \cdot \beta}{1 - E(X)} \right)^2 \cdot \frac{E(X) \cdot \beta + \beta - E(X) \cdot \beta + 1 - E(X)}{1 - E(X)}} =$$

$$= \frac{\frac{E(X) \cdot \beta^2}{1 - E(X)}}{\frac{\beta^2}{(1 - E(X))^2} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{1 - E(X)} \right)} = \frac{\frac{E(X) \cdot \beta^2}{1 - E(X)}}{\frac{\beta^2}{(1 - E(X))^2} + \frac{\beta^3}{(1 - E(X))^3}} =$$

$$= \frac{\frac{E(X) \cdot \beta^2}{1 - E(X)}}{\frac{\beta^2 \cdot (1 - E(X)) + \beta^3}{(1 - E(X))^3}} = \frac{E(X) \cdot \beta^2}{1 - E(X)} \cdot \frac{(1 - E(X))^3}{\beta^2 \cdot (1 - E(X)) + \beta^3} =$$

$$= \frac{E(X) \cdot \beta^2 \cdot (1 - E(X))^2}{\beta^2 (1 - E(X) + \beta)} = \frac{E(X) \cdot (1 - E(X))^2}{1 - E(X) + \beta}$$

$$1 - E(X) + \beta = \frac{E(X) \cdot (1 - E(X))^2}{\text{var}(X)}$$

$$\beta = \frac{E(X) \cdot (1 - E(X))^2}{\text{var}(X)} + E(X) - 1$$

